

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS**

**DOUGLAS DE MAFRA BOZIO**

**PERSPECTIVAS DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS E NÃO  
RENOVÁVEIS NAS MATRIZES ENERGÉTICAS E ELÉTRICAS**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**MEDIANEIRA**

**2018**

DOUGLAS DE MAFRA BOZIO



**PERSPECTIVAS DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS E NÃO  
RENOVÁVEIS NAS MATRIZES ENERGÉTICAS E ELÉTRICAS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós-Graduação em Gestão Ambiental em Municípios - Polo UAB do Município de Foz do Iguaçu, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Campus Medianeira.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Cristiane Lionco Zeferino

MEDIANEIRA

2018



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### PERSPECTIVAS DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS E NÃO RENOVÁVEIS NAS MATRIZES ENERGÉTICAS E ELÉTRICAS

Por

**Douglas de Mafra Bozio**

Esta monografia foi apresentada às 11h do dia 11 de Agosto de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios - Polo de Foz do Iguaçu, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Cristiane Lionco Zeferino  
UTFPR – Campus Medianeira  
(orientadora)

---

Prof. Me. Cidmar Ortiz dos Santos  
UTFPR – Campus Medianeira

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Michelle Budke Costa  
UTFPR – Campus Medianeira

## RESUMO

BOZIO, Douglas de Mafra. Perspectivas das Energias Renováveis e Não Renováveis nas Matrizes Energéticas e Elétricas. 2018. 65. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

Este trabalho teve como temática questões que envolvem a segurança energética e discute sobre diversificação energética, partindo do fato que a presente matriz energética mundial é baseada em petróleo e seus derivados, o que desequilibra a diversificação das fontes de energia e é a principal geradora de gases de efeito estufa, agravando o aquecimento global e levando à ocorrência de eventos climáticos cada vez mais extremos e frequentes. A energia é um fator condicionante para o desenvolvimento socioeconômico, e atender à demanda energética resguardando o meio ambiente é um dos paradigmas para a atual e futuras gerações. Neste sentido, a diversificação da matriz energética com a inserção de fontes renováveis de energia é essencial no planejamento estratégico para a seguridade do abastecimento energético de modo sustentável. Essa mudança de trajetória é possível, mas acarreta avanços tecnológicos, afim de possuir sistemas com menores índices de desperdício de energia no processo de conversão, ampliação da infraestrutura na rede de transmissão e distribuição, e a implementação de incentivos políticos para o ambiente de negócios, tornando-se mais atraente para potenciais investidores no ramo de energias renováveis.

**Palavras-chave:** Energia. Matriz energética. Diversificação energética. Segurança energética.

## ABSTRACT

BOZIO, Douglas de Mafra. Perspectives of Renewable and Non-Renewable Energies in the Energy and Electric Matrices. 2018. 65. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

This paper deals with issues related to energy security and discusses energy diversification, based on the fact that the present world energy matrix is founded on petroleum and its derivatives, which unbalances the diversification of energy sources and is the main generator of greenhouse effect gases, worsening global warming and leading to the occurrence of increasingly extreme and frequent climatic events. Energy is a conditioning factor for socioeconomic development, and meeting energy demand while protecting the environment is one of the paradigms for current and future generations. In this sense, the diversification of the energy matrix with the insertion of renewable energy sources is essential in the strategic planning for the security of the energy supply in a sustainable way. This change of trajectory is possible, but it entails technological advances, in order to have systems with lower rates of energy waste in the conversion process, expansion of the transmission and distribution network infrastructure, and the implementation of political incentives for the business environment, making it more attractive to potential investors in the field of renewable energy.

**Keywords:** Energy. Energy Matrix. Energy diversification. Energy Security.

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Demanda Energética Primária Mundial em 2016.....	13
Gráfico 2 – Oferta Interna de Energia em 2016.....	14
Gráfico 3 – Oferta Interna de Energia de 2007 a 2016.....	15
Gráfico 4 – Oferta Interna de Energia Elétrica Mundial em 2016.....	16
Gráfico 5 – Matriz de Energia Elétrica Brasileira em 2017.....	18
Gráfico 6 – Produtores de Carvão Mineral em 2016.....	22
Gráfico 7 – Produtores de Gás Natural em 2016.....	25
Gráfico 8 – Produtores de Eletricidade Nuclear em 2015.....	29
Gráfico 9 – Produtores de Petróleo em 2016.....	34
Gráfico 10 – Comparação da Capacidade Mundial de Energias Renováveis de 2008 a 2017.....	36
Gráfico 11 – Capacidade Mundial de Energia Solar (MW) de 2008 a 2017.....	39
Gráfico 12 – Produtores de Energia Elétrica Fotovoltaica em 2015.....	40
Gráfico 13 – Capacidade Mundial de Energia Geotermal de 2008 a 2017.....	45
Gráfico 14 – Capacidade Mundial de Energia Hidrelétrica de 2008 a 2017 (MW).....	48
Gráfico 15 – Produtores de Eletricidade por Fonte Hidrelétrica em 2015.....	48
Gráfico 16 – Capacidade Mundial de Energia Maremotriz de 2008 a 2017.....	51
Gráfico 17 – Capacidade Mundial de Energia Eólica de 2008 a 2017.....	54
Gráfico 18 – Produtores de Energia Eólica em 2015.....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais Produtores de Carvão Mineral em 2016.....	22
Tabela 2 – Principais Produtores de Gás Natural em 2016.....	26
Tabela 3 – Principais Produtores de Eletricidade Nuclear em 2015.....	29
Tabela 4 – Número Total de Reatores em Funcionamento em 2017.....	30
Tabela 5 – Principais Produtores de Petróleo em 2016.....	34
Tabela 6 – Principais Produtores de Eletricidade por Fonte Fotovoltaica em 2015...40	
Tabela 7 – Produtores de Eletricidade por Fonte Hidrelétrica em 2015 (TWh).....	49
Tabela 8 – Principais Produtores de Energia Eólica em 2015.....	55

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Capital Natural.....	19
Quadro 1 – Capacidade da Matriz de Energia Elétrica Brasileira em 2017.....	17



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	10
1.2 OBJETIVO GERAL.....	10
1.2.1 Objetivos Específicos.....	10
<b>2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA.....</b>	<b>11</b>
<b>3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>12</b>
3.1 MATRIZ ENERGÉTICA.....	12
3.1.1 Matriz Energética Mundial.....	12
3.1.2 Matriz Energética Brasileira.....	13
3.2 MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA.....	16
3.2.1 Matriz de Energia Elétrica Mundial.....	16
3.2.2 Matriz de Energia Elétrica Brasileira.....	17
3.3 ENERGIAS NÃO RENOVÁVEIS.....	18
3.3.1 Carvão Mineral.....	19
3.3.2 Gás Natural.....	23
3.3.3 Nuclear.....	26
3.3.4 Petróleo.....	31
3.4 ENERGIAS RENOVÁVEIS.....	35
3.4.1 Energia Solar.....	37
3.4.2 Biomassa.....	41
3.4.3 Energia Geotérmica.....	43
3.4.4 Energia Hidráulica.....	46
3.4.5 Energia Maremotriz.....	49
3.4.6 Energia Eólica.....	51
<b>4 COMENTÁRIOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>56</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A matriz energética corresponde a toda energia despendida nos processos de transformação, distribuição e consumo nos processos de produção. A matriz energética mundial é composta predominantemente por fontes não renováveis de energia, como petróleo, carvão mineral e gás natural. A matriz energética brasileira também é composta principalmente por fontes tradicionais, como petróleo e seus derivados.

Dentro da matriz energética existe a matriz de energia elétrica, que considera como indicador a produção de energia elétrica decorrente das fontes da matriz energética. O Brasil possui uma relevante matriz de energia elétrica com base em recursos de fontes renováveis, principalmente a de geração hidráulica. Por outro lado, a demanda de energia elétrica mundial é abastecida majoritariamente por combustíveis fósseis, sendo o setor de carvão mineral o principal protagonista. Dessa forma, deve-se buscar a inserção gradual das fontes renováveis e menos poluidoras na matriz energética mundial.

Neste sentido, a diversificação da matriz energética é essencial no planejamento estratégico para a seguridade do abastecimento energético de modo sustentável. Diversificar poderá significar um comportamento proativo em relação à crise climática no mundo e o desenvolvimento de oportunidades na criação de empregos e energia através da geração distribuída e descentralizada. (REIS, 2015, p. 5)

A segurança energética visa garantir o bem-estar público, o desempenho eficaz da economia e a redução dos impactos ambientais através da oferta ininterrupta de energia no mercado com preços competitivos para todos os consumidores. (EuropeanCommunities, 2001, p.10)

Assim, a diversificação é o princípio básico da segurança energética e de uma política energética sustentável, que considera a proteção do meio ambiente, através da maior utilização de fontes de energias renováveis e livres de emissões e o investimento em tecnologias que desenvolvam a produção mais eficiente de energia.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

É preciso discutir o papel do setor energético e a sua relação com as alterações climáticas, decorrentes principalmente da dependência mundial em combustíveis fósseis, que geram impactos ao meio ambiente e a emissão de gases que causam o efeito estufa.

A compreensão da importância das energias renováveis e não renováveis nas matrizes de energia e elétrica é indispensável para realizar a planificação do setor energético, com a utilização dos recursos naturais sendo feitos de forma racional, de modo a assegurar a produção de energia mais limpa no Brasil e no mundo.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

O estudo tem como propósito apresentar o desempenho das fontes energéticas convencionais e renováveis no quadro atual das matrizes energéticas e elétricas em níveis global e nacional.

### 1.2.1 Objetivos Específicos

- Apresentar o panorama atual na Matriz energética e elétrica das fontes renováveis em níveis nacional e mundial.
- Apresentar o panorama atual na Matriz energética e elétrica das fontes não-renováveis em níveis nacional e mundial.
- Discutir a importância da diversificação energética no atual sistema econômico.

## **2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA**

De forma a atingir os objetivos previamente apresentados, optou-se por uma metodologia fundamentada na pesquisa bibliográfica, sendo realizadas buscas em base de dados eletrônicos nacionais e mundiais de publicações, relatórios e artigos que foram publicados entre os anos de 2003 e 2018 associados à energia, energia primária, consumo energético, fontes renováveis de energia, consumo de combustíveis fósseis e os impactos ambientais das fontes energéticas convencionais e renováveis.

### 3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 MATRIZ ENERGÉTICA

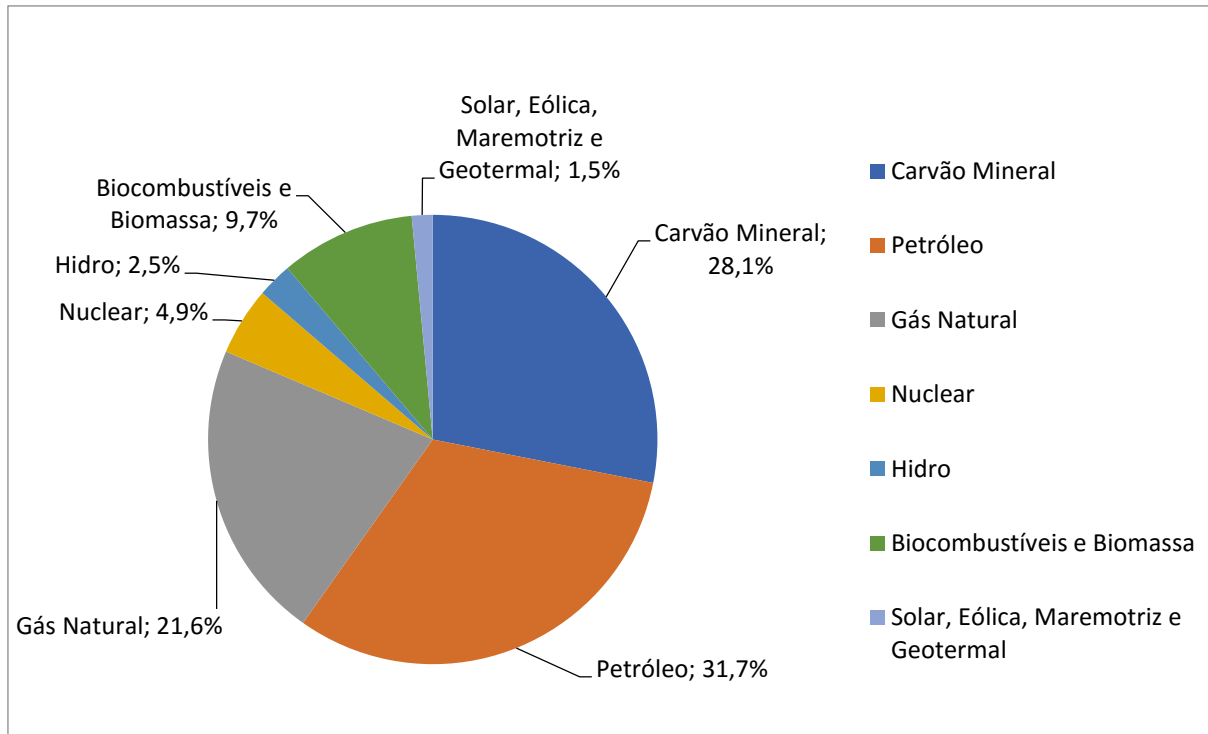
Matriz energética é o conjunto de recursos úteis de um país utilizados para o fornecimento de energia. Há dois tipos de recursos disponíveis, chamados de primários e secundários. Os primários são as fontes energéticas provenientes da natureza, aquelas que não passam por processo de transformação, como o petróleo, gás natural e carvão mineral. Os secundários são o resultado da transformação de uma matéria-prima natural, como a gasolina, diesel, eletricidade (MARCOCCIA, 2007, p. 23).

##### 3.1.1 Matriz Energética Mundial

O setor de petróleo tem hoje um papel preponderante na oferta mundial de energia – e continuará a ser relevante no longo prazo. Grande parte demanda energética primária mundial, é suprida por combustíveis fósseis, cerca de 81%. (IEA, 2017, p. 6)

Para que as energias renováveis possam suprir a demanda mundial, elas precisam junto com a eficiência energética, serem amplificadas em todos os setores. A fatia total de energia renovável precisa crescer de aproximadamente 15% do abastecimento de energia primária total, dados referentes ao ano de 2015, para cerca de três terços até 2050, e um investimento de US\$120 trilhões permitiria essa transição energética. (IRENA, 2018b, p. 9)

O Gráfico 1 exibe dados da demanda energética primária mundial, composta principalmente por fontes não renováveis de energia, que totalizam 86,3%, com destaque para o petróleo e seus derivados, responsável por 31,7%.



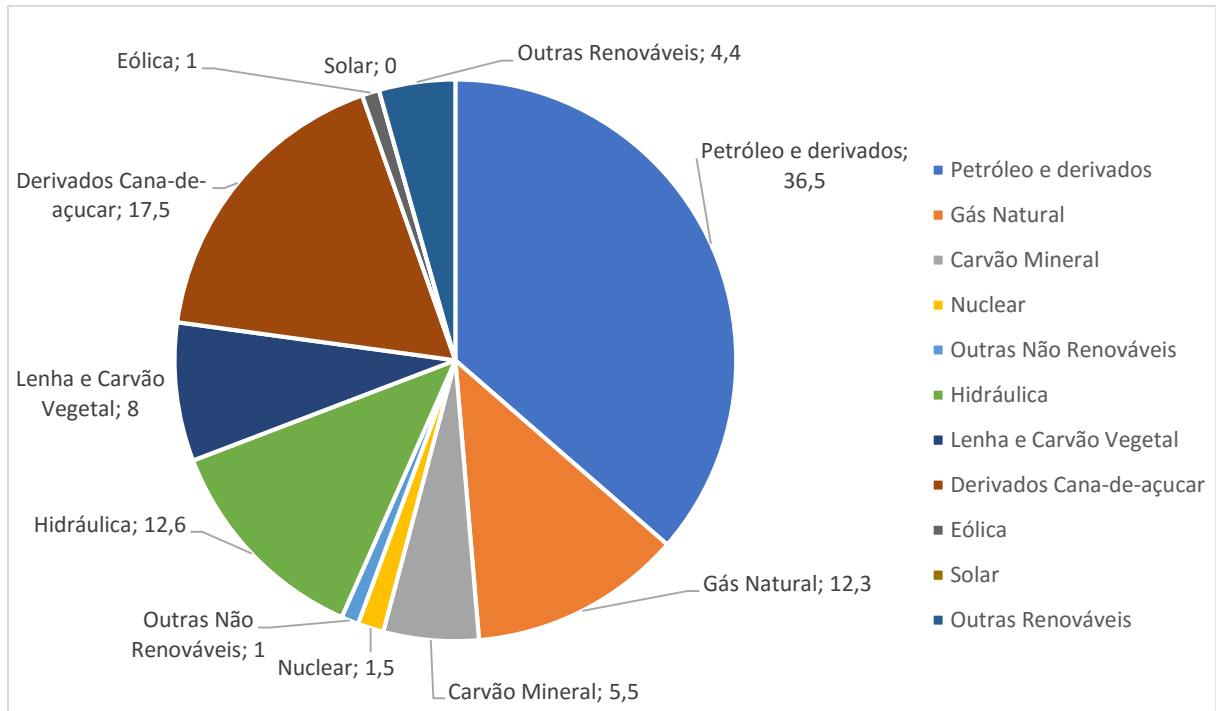
**Gráfico 1: Demanda Energética Primária Mundial em 2016**

Fonte: IEA (2017, p. 6)

### 3.1.2 Matriz Energética Brasileira

A matriz energética brasileira é sustentada principalmente em fontes tradicionais, principalmente petróleo e seus derivados, com relevância de fontes relacionadas às hidroeletricidades. O consumo de energia se dá maiormente na produção industrial e transporte dependente do modelo rodoviário baseado no uso de combustíveis fósseis.

A matriz energética brasileira é uma das mais renováveis do mundo. Ainda assim, uma parcela significativa é de fontes poluentes e não renováveis, correspondendo a 55,8%, conforme exposto no Gráfico 2. Contribuem para isso o significativo consumo de petróleo e seus derivados, e em escalas menores gás natural e carvão mineral. Quanto às fontes de energia limpa o perfil brasileiro se caracteriza pelo uso da biomassa e hidroeletricidade.

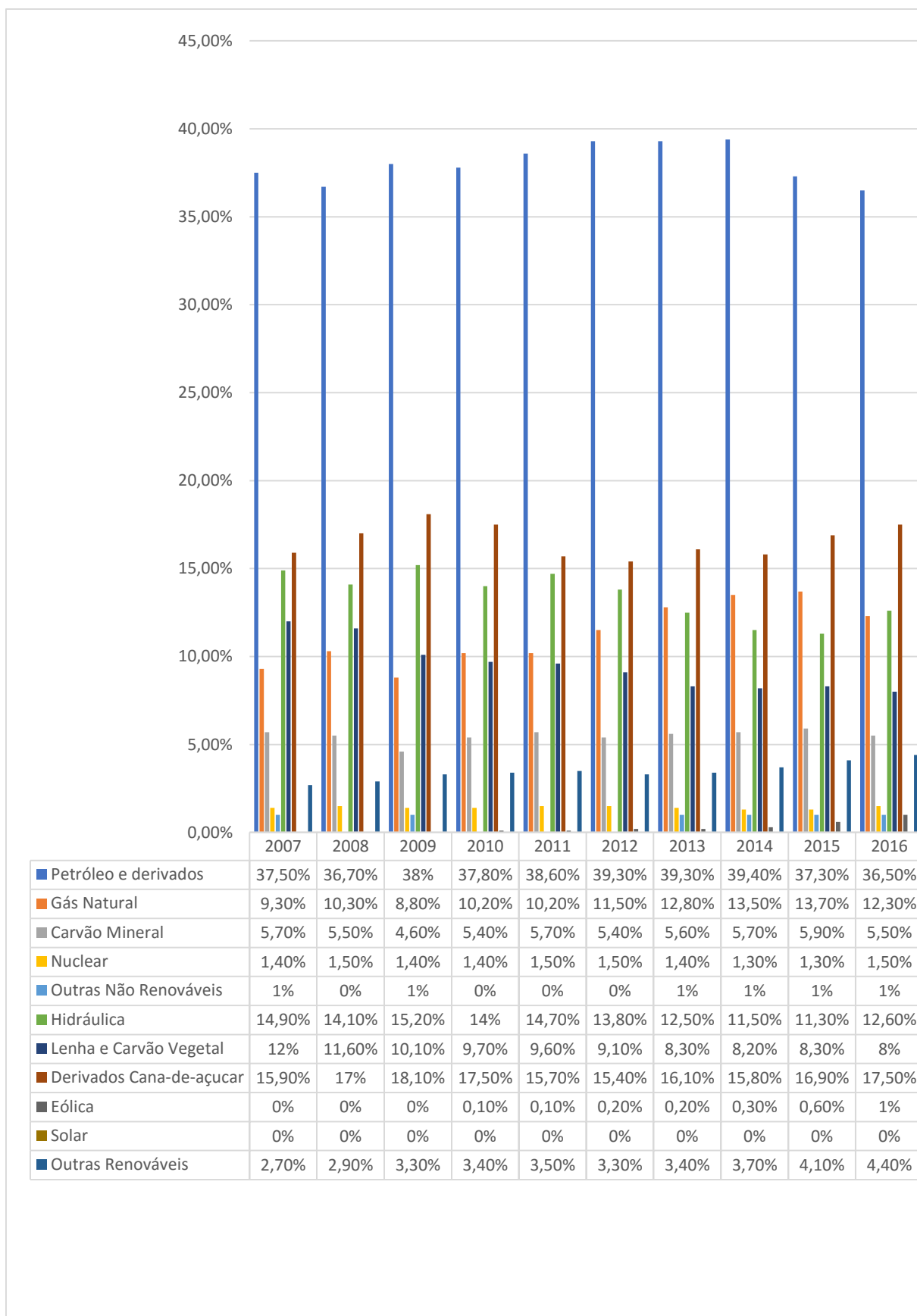


**Gráfico 2: Oferta Interna de Energia em 2016**

Fonte: EPE (2017, p. 23)

O Brasil é um país com enorme potencialidade para geração de energias alternativas – eólica, biomassa e solar, e que também possui tradição no uso de biocombustíveis desde os tempos do Pro Álcool. Tais recursos, com os incentivos certos e devidamente explorados teriam demanda energética para suprir e substituir as usinas termelétricas. Além disso, inovações tecnológicas e disputa de mercado poderiam trazer os biocombustíveis e o gás natural, para mercados dependentes de petróleo e seus derivados. (DELOITTE, 2014, p. 22)

O Gráfico 3 apresenta a oferta interna de energia entre os anos de 2007 e 2016, com ênfase no uso intensivo de petróleo em território nacional, mas indicando que em 2016 foi atingido o menor índice dos últimos anos (36,5%). Já entre as energias renováveis, apesar de ainda apresentar números nem tão expressivos, o destaque é o crescimento da energia eólica no cenário brasileiro.



**Gráfico 3: Oferta Interna de Energia de 2007 a 2016**

Fonte: EPE (2017, p. 23)

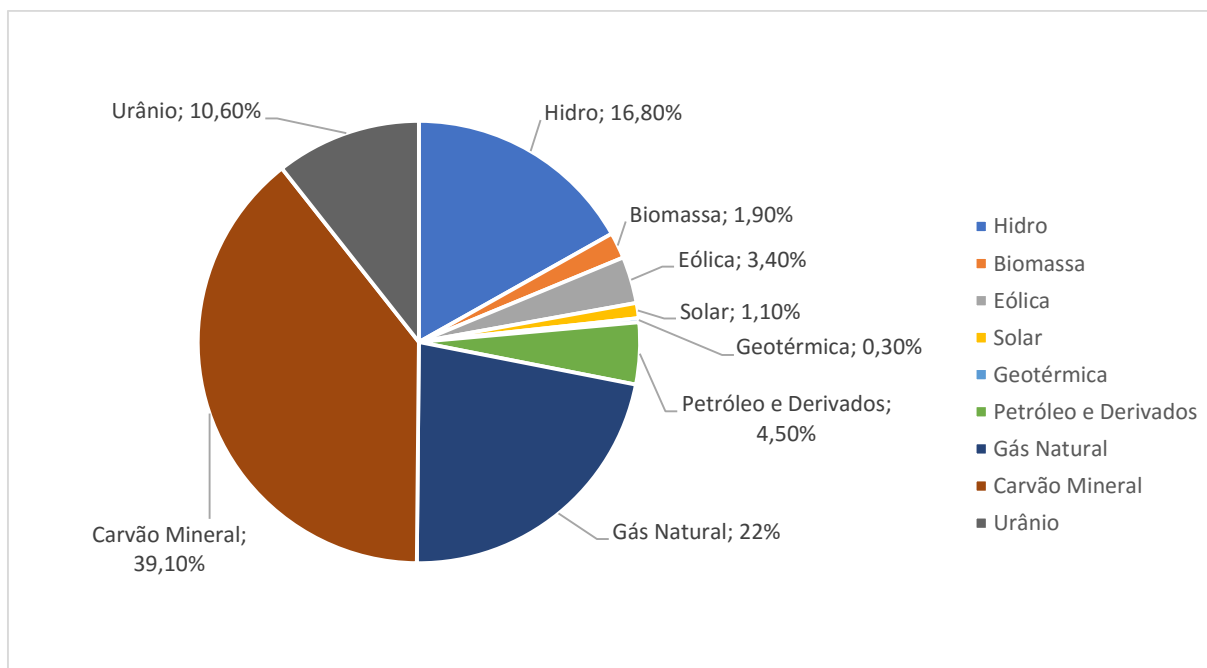


### 3.2 MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA

Dentro da Matriz Energética existe uma ramificação específica para energia elétrica, a qual chamamos de Matriz de Energia Elétrica. Ela faz parte do todo, porém pode ser considerada como um indicador a parte. Enquanto a energética considera todas as destinações, como por exemplo a utilização no setor de transportes e industrial, a de energia elétrica considera as mesmas fontes energéticas da matriz energética, porém como o uso restrito à apenas produção de energia elétrica. (EPE, 2018, p. 1)

#### 3.2.1 Matriz De Energia Elétrica Mundial

Seguindo o exemplo da demanda energética mundial, a oferta interna de energia elétrica mundial é abastecida na sua grande maioria por combustíveis fósseis (65,6%), caracterizando o setor de carvão mineral como principal protagonista, detendo 39,1%, conforme segue o Gráfico 4:



**Gráfico 4: Oferta Interna de Energia Elétrica Mundial em 2016**

Fonte: MME (2017, p. 22)

### 3.2.2 Matriz De Energia Elétrica Brasileira

O Brasil precisa de estratégias energéticas, econômicas e ambientais de longo prazo que sejam comprometidas com o aumento da variedade de fontes renováveis, tornando-as mais do que fontes complementares de energia – atualmente no país se prioriza a hidroeletricidade como principal. Essas estratégias devem ser planejadas considerando o potencial econômico e de geração de renda das diversas outras fontes renováveis podem proporcionar. (FGF, 2016, p. 74)

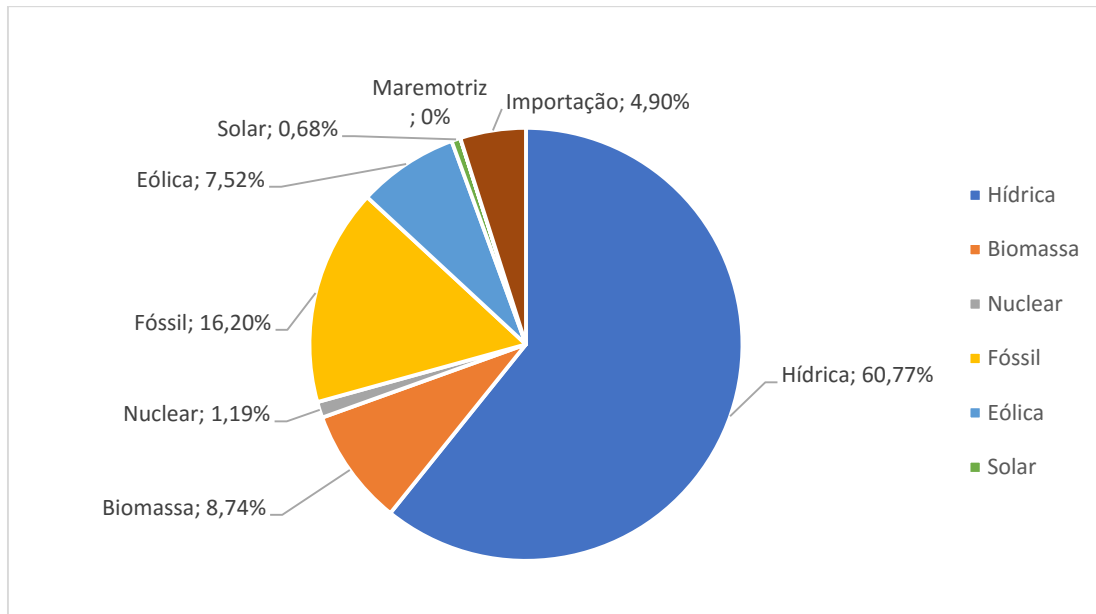
O Quadro 1 exibe a estrutura da oferta interna de eletricidade no Brasil em 2016. A geração hidráulica corresponde a 60,774% de toda essa oferta, o que trona a matriz elétrica brasileira como grande parte renovável, sendo que as fontes renováveis representam 81,716% da oferta elétrica interna brasileira, que é resultante da soma da produção nacional mais as importações, que são predominantemente de origem renovável.

Fonte			Capacidade Instalada			Total			
Origem	Fonte Nível 1	Fonte Nível 2	Nº de Usinas	( KW )	%	Nº de Usinas	( KW )	%	
Biomassa	Agroindustriais	Bagaço de Cana de Açúcar	401	11.191.135	6,7145	417	11.269.116	6,7613	
		Biogás-AGR	2	948	0,0006				
		Capim Elefante	2	31.700	0,0190				
		Casca de Arroz	12	45.333	0,0272				
	Biocombustíveis líquidos	Etanol	1	320	0,0002	3	4.670	0,0028	
		Óleos vegetais	2	4.350	0,0026				
		Carvão Vegetal	8	43.197	0,0259				
	Floresta	Gás de Alto Forno - Biomassa	10	114.265	0,0686	95	3.149.175	1,8895	
		Lenha	4	23.900	0,0143				
		Licor Negro	18	2.542.616	1,5255				
		Resíduos Florestais	55	425.197	0,2551				
		Resíduos animais	Biogás - RA	14	4.481				0,0027
	Resíduos sólidos urbanos	Biogás - RU	19	128.851	0,0773				
		Carvão - RU	1	2.700	0,0016	20	131.551	0,0789	
Eólica	Cinética do vento	Cinética do vento	511	12.537.943	7,5226	511	12.537.943	7,5226	
Fóssil	Carvão mineral	Calor de Processo - CM	2	28.400	0,0170	26	3.727.470	2,2364	
		Carvão Mineral	14	3.323.740	1,9942				
		Gás de Alto Forno - CM	10	375.330	0,2252				
		Calor de Processo - GN	1	40.000	0,0240				
	Gás natural	Gás Natural	165	12.953.699	7,7721	166	12.993.699	7,7961	
		Calor de Processo - OF	1	147.300	0,0884				
	Outros Fósseis	Petróleo	Gás de Alto Forno - PE	1	1.200	0,0007	2261	10.123.346	6,0739
			Gás de Refinaria	6	315.560	0,1893			
			Óleo Combustível	78	4.055.967	2,4335			
			Óleo Diesel	2158	4.722.291	2,8333			
Outros Energéticos de Petróleo			18	1.028.328	0,6170				
Hídrica	Potencial hidráulico	Potencial hidráulico	1319	101.291.667	60,7737	1319	101.291.667	60,7737	
Nuclear	Urânio	Urânio	2	1.990.000	1,1940	2	1.990.000	1,1940	
Solar	Radiação solar	Radiação solar	722	1.129.642	0,6778	722	1.129.642	0,6778	
Undi-Elétrica	Cinética da água	Cinética da água	1	50	0,0000	1	50	0,0000	
Importação		Paraguai		5.650.000	3,3899			4,9018	
		Argentina		2.250.000	1,3499				
		Venezuela		200.000	0,1199				
		Uruguai		70.000	0,0419				
		Total		5558	166.670.110				100

**Quadro 1: Capacidade da Matriz de Energia Elétrica Brasileira em 2017**

Fonte: ANEEL, 2018a., p.1

A matriz elétrica brasileira é caracterizada pela representativa participação dos recursos hídricos (60,77%), como é possível ver no Gráfico 5. As fontes eólicas e biomassa complementam as renováveis da matriz elétrica nacional, as quais correspondem a aproximadamente 77% do total. O gás natural, derivados de petróleo, carvão mineral e urânio equivalem a 17,39%.



**Gráfico 5: Matriz de Energia Elétrica Brasileira em 2017**

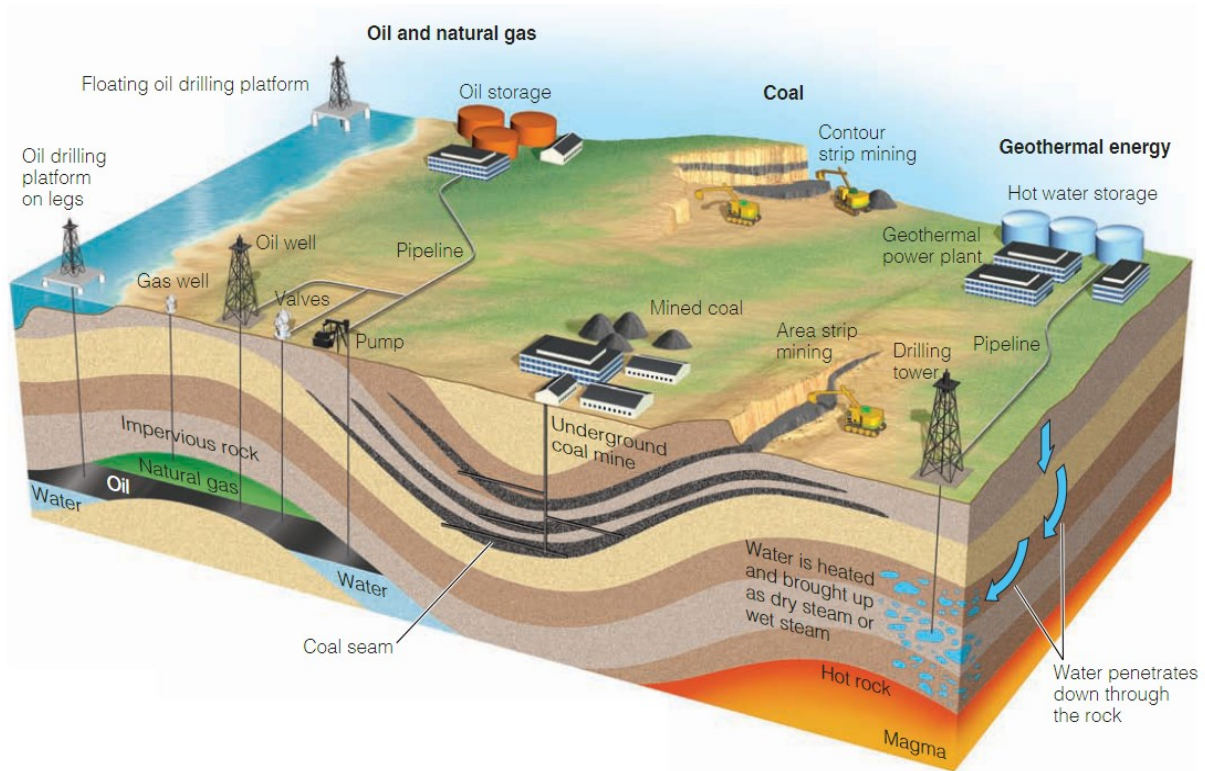
Fonte: ANEEL (2018a, p.1)

### 3.3 ENERGIAS NÃO RENOVÁVEIS

As fontes de energia não renováveis podem ser encontradas na natureza em quantidades limitadas e se extinguem com a sua utilização. São consideradas fontes de energia não renováveis os combustíveis fósseis (carvão, petróleo bruto e gás natural) e o urânio, que é a matéria-prima necessária para obter a energia nuclear, resultante dos processos de fissão ou fusão. (AGENEAL, 2017, p. 1)

As vantagens das fontes não renováveis estão diretamente ligadas à experiência de séculos na geração de energia por meio das matérias primas, e também à facilidade de transporte e armazenamento. Já nas desvantagens pode-se citar a grande emissão de CO<sub>2</sub> resultado da queima desses combustíveis, o que agrava o efeito estufa, além das reservas serem finitas. (LAVADO, 2009)

Na Figura 1 temos o que é chamado de capital natural, que são as fontes de energias não renováveis removidas da crosta terrestre: carvão, petróleo, gás natural, minério de urânio que é a matéria prima para o urânio -235 – combustível em reatores nucleares para produção de energia elétrica, e algumas formas de energia geotermal.



**Figura 1: Capital Natural**

Fonte: Miller (2006, p. 287)

### 3.3.1 Carvão Mineral

De acordo com a Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina (2014), o carvão fóssil é a rocha sedimentar combustível, formada a partir de restos vegetais que sofreram soterramento, compactação e transformações com aumentos de pressão e temperatura ao longo de milhões de anos. Os depósitos de carvão são normalmente encontrados em bacias sedimentares.

### a) Vantagens

O carvão é um combustível fóssil sólido de grande rendimento energético rico em carbono, com presença de pequenas quantias de enxofre e impurezas.

Existem características vantajosas em relação ao carvão, que incluem o fato das reservas de carvão serem muito vastas, o que permite grande disponibilidade desse combustível no mercado mundial, além disso não carece de oleodutos de alta pressão ou rotas de fornecimento dedicadas. Pode ser facilmente armazenado em centrais elétricas, estoques esses que podem ser utilizados em situações de emergência, não dependente do clima, podendo ser usada como reserva de energia na escassez de chuva que agravam a produção energia a partir de hidrelétricas. (WEC, 2016b, p. 17)

### b) Desvantagens

Suas desvantagens são as mesmas das tantas outras fontes de energia não renováveis, pois tanto a exploração quanto a queima provocam grandes impactos na água e no solo, além de liberar amplas quantidades de CO<sub>2</sub> na atmosfera. (MILLER, 2006; 297).

A exploração através da mineração de carvão, em particular a mineração de superfície, causa grandes impactos no solo e água, porque exige que grandes áreas de terra sejam perturbadas. A modernização em relação a esse quesito, assim como um bom planejamento gerenciamento ambiental, são fundamentais para a minimização dos impactos ambientais, como erosão do solo, poeira, poluição sonora e da água e danos à biodiversidade.

Além dos impactos ambientais gerais causados pelas usinas de carvão, dentro da média uma usina gera por ano 3.700.000 toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), equivalente a devastar 161 milhões de árvores, liberam 10.000 toneladas de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) – responsável pelas chuvas ácidas, as quais deterioram florestas, lagos, cidades e a saúde humana, 500 toneladas de partículas pequenas transportadas pelo ar, que podem causar danos a saúde humana e obstrução da visibilidade, 10.200 toneladas de óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) proporcional a emissão de 500 mil carros de última geração, 720 toneladas de monóxido de carbono (CO), dentre

outras substâncias poluentes e corrosivas, que destroem principalmente a vida animal (ELAW, 2012, p. 2).

A modernização das usinas de carvão através de tecnologias mais limpas pode reduzir os impactos atual, melhorando a eficiência e produzindo menos emissões através de sistemas de controle que eliminam mais de 95% de óxido de nitrogênio, dióxido de enxofre e material particulado, além das reduções das emissões de GEE (WEC, 2016b, p. 36).

### c) Panorama Atual

A despeito dos referidos impactos ambientais e à saúde, o carvão continua sendo fonte principal no fornecimento de energia elétrica em muitos países, representando quase 40% dessa geração. Dentre os combustíveis fósseis, ele é o mais distribuído, e em torno de 75 países armazenam grandes quantidades de carvão em estoque. Nações da Europa e América do Norte estão modificando seu consumo para fontes de energias alternativas, porém essas reduções são contrabalanceadas com a ação de países em desenvolvimento, principalmente a China, que por sua vez, é o país que mais utiliza o carvão como fonte de energia no mundo, com uma participação que quase iguala a soma total mundial. (WEC, 2013, p. 10)

Em países como os EUA, a queda no uso do carvão ocorreu devido à competição crescente do gás natural, principalmente na produção de gás não convencional (xisto), o que levou os preços do gás a uma queda considerável. Ademais, a demanda pelo carvão também caiu em função de oposições políticas e governamentais, e regulamentações ambientais mais rígidas (WEC, 2016b, p. 15).

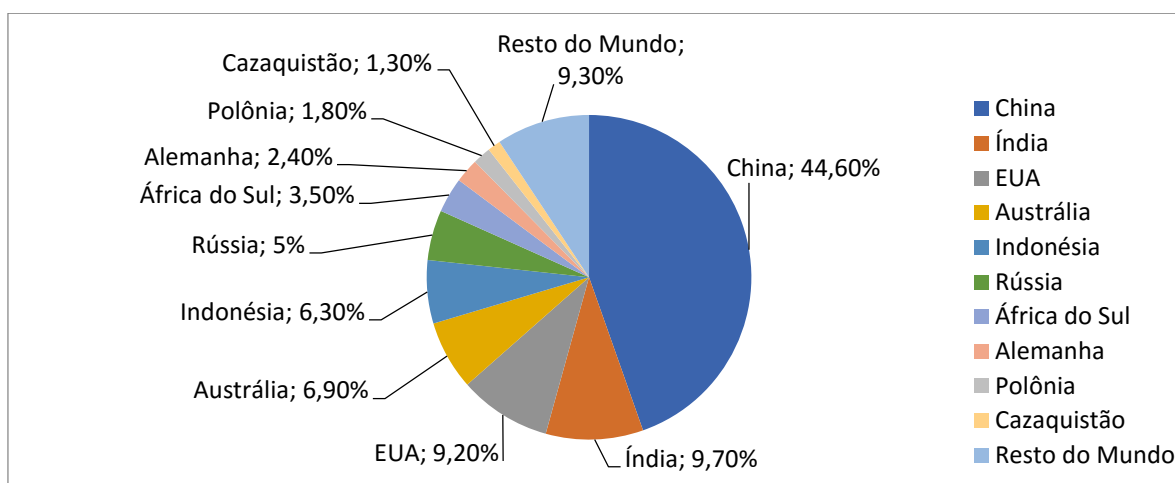
Já o Brasil possui reservas relevantes de carvão sub-betuminoso na Região Sul do país, nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. A produção atual quase total é classificada como carvão a vapor, e sua utilização se dá principalmente como combustíveis para usinas, em torno de 85%, e o restante em usinas industriais (WEC, 2013, p. 40).

O carvão mineral:

- Conforme o Gráfico 1 é responsável por uma parcela significativa de 28,1% da demanda mundial de energia primária. (IEA, 2017, p. 6)
- De acordo com o Gráfico 2 representa 5,5% da oferta interna de energia. (EPE, 2017, p. 23)

- Segundo o Gráfico 5 atende a parcela de 2,23% da Matriz de Energia Elétrica brasileira. (ANEEL, 2018a, p. 1)

Os maiores produtores de carvão mineral são a China, a Índia, os Estados Unidos, a Austrália, a Indonésia e a Rússia, conforme visto no Gráfico 6, sendo que a China sozinha totaliza 44,6%.



**Gráfico 6: Produtores de Carvão Mineral em 2016**

Fonte: IEA (2017, p. 17)

De acordo com a Tabela 1 os cinco maiores produtores de carvão são a China, os EUA, a Índia, a Austrália e a Indonésia, demonstrando que os maiores produtores de carvão não estão confinados a uma região.

**Tabela 1: Principais Produtores de Carvão Mineral em 2016**

Produtores	(Mt)
China	3242
Índia	708
EUA	672
Austrália	503
Indonésia	460
Rússia	365
África do Sul	257
Alemanha	176
Polônia	131
Cazaquistão	98
Resto do Mundo	657
TOTAL	7269

Fonte: IEA (2017, p. 17)

### 3.3.2 Gás Natural

O gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos gasosos, originados da decomposição de matéria orgânica fossilizada por milhões de anos. Em seu estado bruto, o gás natural é composto principalmente por metano, com proporções variadas de etano, propano, butano, hidrocarbonetos mais pesados e também CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, água, ácido clorídrico, metanol e outras impurezas. (GASNET, 2017, p. 1)

As reservas de gás natural convencional são encontradas acima das de crude, pois o gás ocupa os espaços não preenchidos pelo mesmo. Na exploração do gás, o propano e o butano são liquefeitos e extraídos como GLP (Gás de Petróleo Liquefeito) e é armazenado em tanques pressurizados. Por ser encontrado no mesmo poço de exploração de petróleo, a obtenção do GLP não exige elevada ocupação do solo, porém quando o petróleo é extraído em alto mar ou em áreas afastadas, o gás natural é visto como um produto dispensável e é queimado, desperdiçando assim um recurso energético valioso e liberando grandes quantidades de CO<sub>2</sub> na atmosfera. (LAVADO, 2009, p. 12)

#### a) Vantagens

O gás natural pode ser produzido em associação com o petróleo (gás associado), como de forma independente. Existe a facilidade em realizar o transporte por meio de gasodutos, e devido as suas propriedades físico-químicas é utilizado na produção de eletricidade, em processos industriais, no setor de transportes, no comércio e em residências. (FGV, 2014a, 14)

Além disso, o gás natural tem o potencial de desempenhar um papel significativo na transição do mundo para um sistema energético menos intensivo em carbono.

#### b) Desvantagens

O gás natural é o combustível fóssil mais limpo e eficiente, porém a queima e utilização do gás natural liberta para a atmosfera CO<sub>2</sub>, em uma menor quantidade quando comparado com o petróleo e carvão mineral. (MILLER, 2006; 296).



O gás natural é o combustível fóssil de menor emissão de carbono, no entanto, uma das principais preocupações o gás natural é o vazamento de metano. Muitas tecnologias já existem para detectar o vazamento deste gás inodoro e incolor. No entanto, o principal desafio tem sido o desenvolvimento de um conjunto de normas e regulamentação para melhorar a segurança da infraestrutura de gás e reduzir vazamentos. Técnicas de perfuração defeituosas e padrões inadequados para revestimentos de poços de cimento e carcaças de aço também foram identificadas como fontes de vazamento de metano que levam à água e ao ar contaminação. (WEC, 2016e, p. 45)

### c) Panorama Atual

O gás natural desempenha um papel significativo no mix global de energia. É o número três combustível, refletindo 24% da energia primária global, e é a segunda fonte de energia geração de energia, representando uma participação de 22%. (WEC, 2016e, p. 3)

Os mercados de gás natural têm funcionado historicamente como três grandes mercados: América do Norte, Europa e Ásia. Esta estrutura de mercado foi impulsionada pela natureza regional do comércio de oleodutos, que reflete mais de 90% do comércio global de gás natural. Os EUA são atualmente o maior produtor e produtor mundial consumidor de gás natural a nível global. A produção bruta atingiu aproximadamente 933 bcm em 2015. (WEC, 2016e, p. 19)

Melhorias na tecnologia de exploração e produção permitiram o crescimento de reservas de gás natural na última década. Nomeadamente de fontes não convencionais. Em 2014, havia 187,1 tcm de reservas comprovadas de gás natural, um aumento de 19,5% em relação aos níveis de 2004. UMA maioria dessas reservas provadas estão no Oriente Médio e na Rússia, com 79,8 tcm e 32,6 tcm de reservas provadas de gás natural, respectivamente. (WEC, 2016e, p. 25)

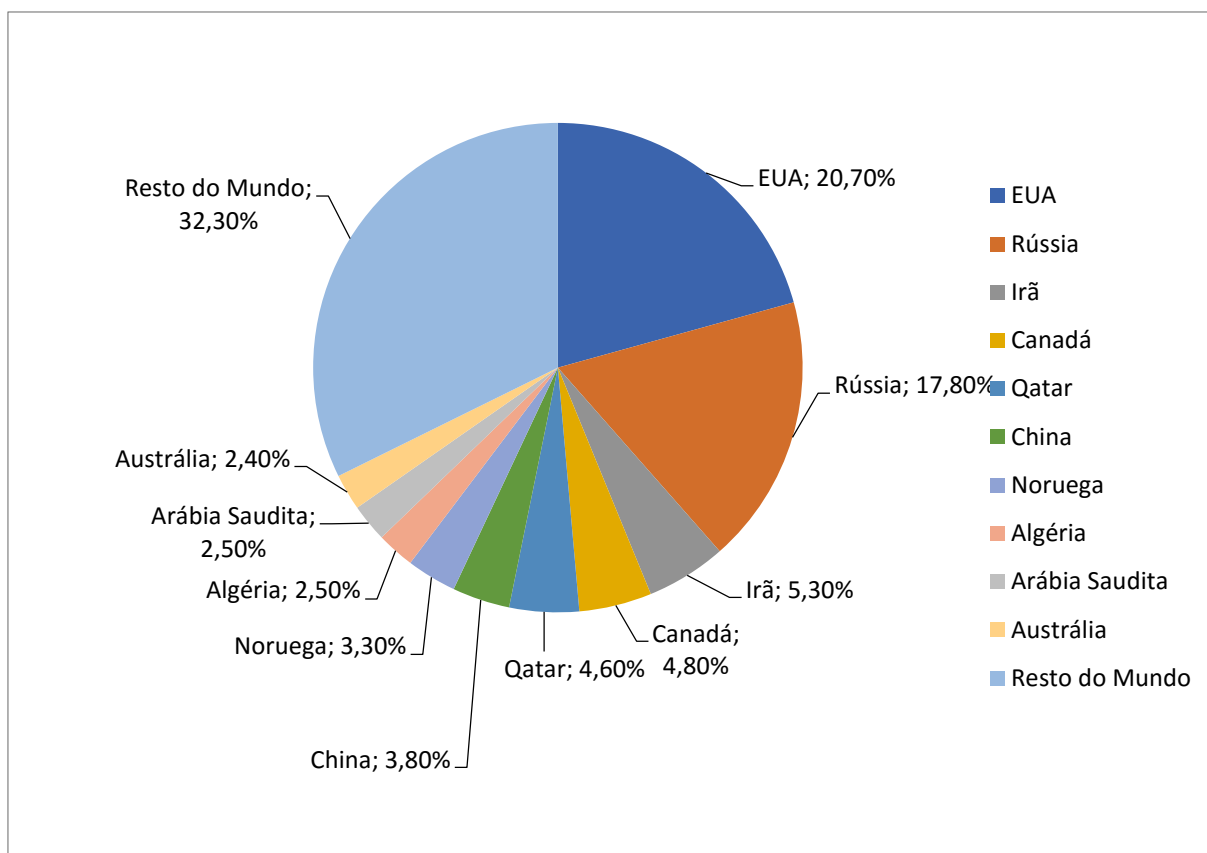
No Brasil, a indústria de gás natural é menor se comparada com o setor de petróleo. Existem bacias no interior do país, porém as maiores são a de Campos, Espírito Santo e Santos. Em relação à participação do gás natural na matriz energética nacional, em 2016 foi atingido 12,3%, sendo que a produção alcançou 103,8 milhões m<sup>3</sup>/dia e ainda foram importados 32,1 milhões m<sup>3</sup>/dia. A demanda industrial decaiu 4,5% em relação a 2015, em função do baixo desempenho nesse setor, assim como

houve uma redução de 30,9% ante 2015 do gás natural destinado à geração de energia elétrica. (EPE, 2017, p. 19)

O gás natural:

- Conforme o Gráfico 1 é uma das fontes mais importantes na matriz energética mundial, tendo participação efetiva de 21,6% no consumo energético mundial em 2016. (IEA, 2017, p. 6)
- De acordo com o Gráfico 2 representa 12,3% da oferta interna de energia. (EPE, 2017, p. 23)
- Segundo o Gráfico 5 atende a parcela de 7,78% da Matriz de Energia Elétrica brasileira. (ANEEL, 2018a, p. 1)

Os maiores produtores de gás natural são os Estados Unidos, Rússia, Irã, Canadá e Catar, conforme visto no Gráfico 7, sendo que os Estados Unidos e a Rússia somam mais de 1/3 da produção mundial, com 38,5%. Na Tabela 2 é possível comprovar tais dados através da quantidade produzida em cada país.



**Gráfico 7: Produtores de Gás Natural em 2016**

Fonte: IEA (2017, p. 15)

**Tabela 2: Principais Produtores de Gás Natural em 2016**

<b>Produtores</b>	<b>(bcm)</b>
EUA	749
Rússia	644
Irã	190
Canadá	174
Qatar	165
China	137
Noruega	121
Algéria	92
Arábia Saudita	90
Austrália	88
Resto do Mundo	1163
TOTAL	3613

Fonte: IEA (2017, p. 15)

### 3.3.3 Nuclear

O urânio é um elemento que ocorre naturalmente na terra, com mais de 80% da produção global sendo extraída em cinco países Cazaquistão, Canadá, Austrália, Namíbia e Níger. Na mineração convencional, o minério é extraído através de operações de acesso subterrâneo ou por poços abertos, o minério passa por um moinho onde é esmagado e depois moído em água para produzir uma pasta de finas partículas de minério suspensas na água. A lama é lixiviada com ácido sulfúrico para dissolver os óxidos de urânio e formar um líquido com urânio dissolvido, que é separado, filtrado e seco para produzir um concentrado de óxido de urânio (U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>). (WEC, 2016f, p. 6)

A energia nuclear é resultante da fissão do urânio em reator nuclear. Seu princípio de funcionamento na usina nuclear é a produção de calor pela fissão do urânio no reator, o que aquece a água, a qual passa por tubulações e vai até o gerador de vapor, o vapor gerado aciona uma turbina que movimenta o gerador e produz corrente elétrica. (ELETRONUCLEAR, 2017, p. 1)

Esse princípio de funcionamento é o mesmo de uma usina térmica convencional, a grande diferença é a fonte de calor. A fissão do urânio é o que gera o

calor na usina nuclear, a qual consiste no processo de quebra dos núcleos de átomos físséis (instáveis, que se rompem com facilidade) após serem atingidos por nêutrons em alta velocidade, por outro lado nas usinas térmicas convencionais o calor provém da queima de combustíveis, como carvão, gás natural, óleo diesel, biomassa, entre outros. (FGV, 2016, p. 23)

#### a) Vantagens

Uma grande vantagem desse gênero de usina é a facilidade de instalação, fazendo uso de pequenas áreas ocupadas, e sua alta eficiência, o que a torna uma boa alternativa para países em desenvolvimento em função do grande potencial energético de sua produção. (FGV, 2016, p. 47)

Os projetos dos reatores atuais são mais seguros e mais eficiente do que os projetos anteriores e há recursos suficientes definidos de urânio para potência o nível atual de capacidade por mais de 100 anos. (WEC, 2016f, p. 5)

Nas centrais nucleares existentes, a eletricidade pode ser gerada a baixo custo em comparação com outras tecnologias geradoras e os reatores nucleares produzem praticamente zero de gases de efeito estufa e poluentes locais, como dióxido de enxofre, óxidos nitrosos e partículas. (WEC, 2016f, p. 26)

#### b) Desvantagens

O impacto mais sério das usinas nucleares é nos sistemas aquáticos, requerem água para resfriamento e freqüentemente emitem calor para esses corpos de água também. No entanto, estes os impactos da água são locais e fundamentalmente os mesmos para todas as usinas de energia. A mineração de urânio pode também impactam o ambiente local, mas a escala das operações de mineração não é grande e os desafios não diferentes de outras atividades de mineração. (WEC, 2016f, p. 28)

Em contrapartida, os principais impactos ambientais que podem ser causados por uma usina nuclear estão relacionados à operação de usinas nucleares e a geração de rejeitos radioativos, principalmente no caso de um acidente envolvendo vazamento nuclear.

### c) Panorama Atual

A geração por fontes nucleares teve uma redução de 10,8% entre 2010 e 2012, por conta de desligamento temporário de reatores japoneses. Somente a partir de 2013, tornou a crescer, representando aproximadamente 11% de toda a matriz elétrica no mundo. (FGV, 2016, p.48)

Atualmente os EUA é o país que mais gera eletricidade através de usinas nucleares, com participação da energia nuclear na matriz dos EUA de 19%, enquanto a França, que é o segundo gerador em valores absolutos, é o país mais dependente da energia nuclear, pois 77% de sua eletricidade é proveniente da energia nuclear. (FGV, 2016, p.50)

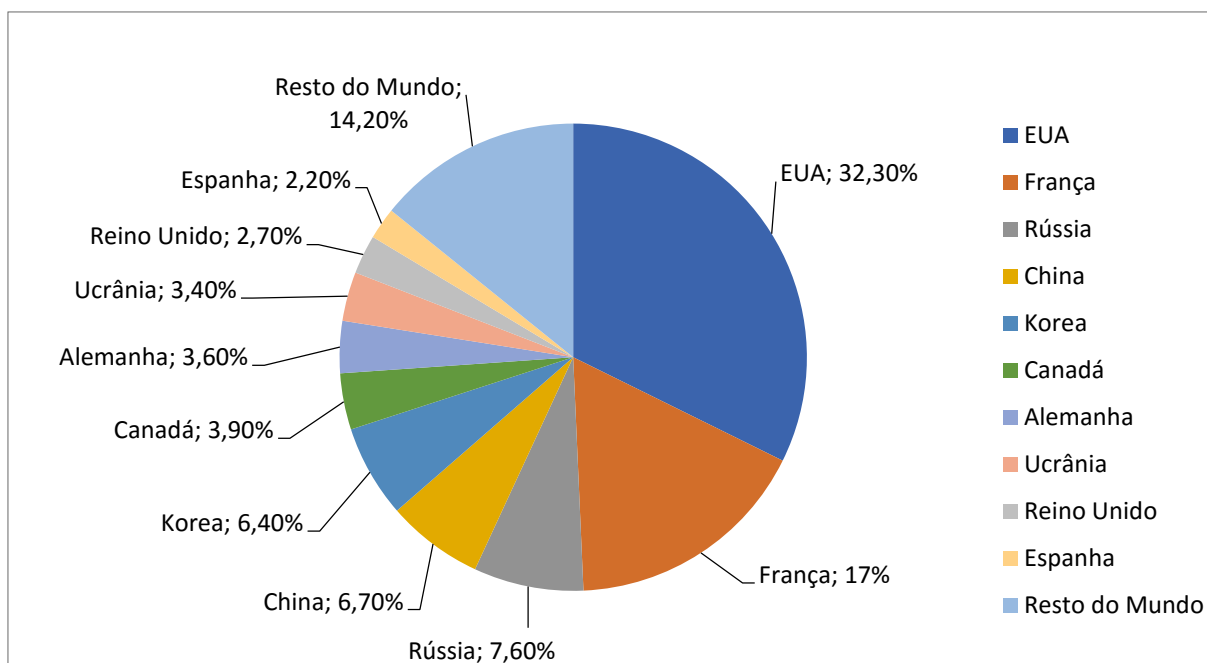
No Brasil o estado do Rio de Janeiro, tem parte significativa da sua demanda de energia elétrica atendida por duas usinas nucleares que operam dentro de altos índices de desempenho. (FGV, 2016, p.57)

As reservas de  $U_3O_8$  no Brasil estão distribuídas entre os estados da Bahia, Ceará, Paraná e Minas Gerais, as quais evoluíram de 9.400t conhecidas em 1975 para atuais 309.000 toneladas, e que podem ser ampliadas ainda mais com novos trabalhos de análise e pesquisa mineral, pois somente 25% do território nacional já foi pesquisado. Além disso, existem outras ocorrências de urânio associado a outros minerais em depósitos como Pitinga no Amazonas, e áreas como a de Carajás, no Pará. Estima-se um potencial de 300.000t desses dois em conjunto. (INB, 2018, p. 1)

A energia nuclear:

- Conforme o Gráfico 1 é responsável por 4,9% da demanda mundial de energia primária. (IEA, 2017, p. 6)
- De acordo com o Gráfico 2 representa 1,5% da oferta interna de energia. (EPE, 2017, p. 23)
- Segundo o Gráfico 5 atende a parcela de 1,19% da Matriz de Energia Elétrica brasileira. (ANEEL, 2018a, p. 1)

Os maiores geradores de energia nuclear são os Estados Unidos, França, Rússia, China e Korea, conforme visto no Gráfico 8, sendo que os Estados Unidos e a França juntos correspondem a quase metade de toda a produção, com 49,3%. Na Tabela 3 é possível comprovar tais dados através da quantidade gerada em cada país.



**Gráfico 8: Produtores de Eletricidade Nuclear em 2015**

Fonte: IEA (2017, p. 19)

**Tabela 3: Principais Produtores de Eletricidade Nuclear em 2015**

Produtores	(TWh)
EUA	830
França	437
Rússia	195
China	171
Korea	165
Canadá	101
Alemanha	92
Ucrânia	88
Reino Unido	70
Espanha	57
Resto do Mundo	365
TOTAL	2571

Fonte: IEA (2017, p. 19)

Mundialmente, hoje existem 450 reatores nucleares em operação comercial em 30 países, totalizando 393.928MW de capacidade instalada, e fator de capacidade médio de 76%, conforme visto na Tabela 4. Mais de 240 outros estão em construção. (IAEA, 2018b, p. 1)

No Brasil temos 2 reatores em operação, localizados no estado do Rio de Janeiro, Angra 1 e Angra 2, com capacidade de geração em 1884 MW. (IAEA, 2018a, p.1)

**Tabela 4: Número Total de Reatores em Funcionamento em 2017**

<b>País</b>	<b>Número de reatores</b>	<b>Capacidade Elétrica Total da rede [MW]</b>
EUA	99	99952
Reino Unido	15	8918
Ucrânia	15	13107
Suíça	5	3333
Suécia	8	8629
Espanha	7	7121
África do Sul	2	1860
Eslovênia	1	688
Eslováquia	4	1814
Rússia	37	28264
Romênia	2	1300
Paquistão	5	1318
Holanda	1	482
México	2	1552
Coreia do Sul	24	22494
Japão	42	39752
Irã	1	915
Índia	22	6240
Hungria	4	1889
Alemanha	7	9515
França	58	63130
Finlândia	4	2769
República Checa	6	3930
China	39	34514
Canadá	19	13554
Bulgária	2	1926
Brasil	2	1884
Bélgica	7	5918
Armênia	1	375
Argentina	3	1633
<b>TOTAL</b>	<b>450</b>	<b>393828</b>

Fonte: IAEA (2018b, p. 1)

### 3.3.4 Petróleo

O petróleo é um líquido espesso e pegajoso, composto de hidrocarbonetos combustíveis juntamente com pequenas quantidades de impureza de enxofre, oxigênio e nitrogênio, originado na decomposição de matéria orgânica por milhões de anos, acumulado no fundo dos oceanos, mares e lagos. É encontrado em bacias sedimentares específicas formadas por camadas ou lençóis porosos de areia, arenitos ou calcários. (ANEEL, 2005, p. 111)

Em geral, a extração é feita através de um poço que é perfurado, e o petróleo é retirado por meio da gravidade dos poros das rochas e no fundo do poço, e então é bombeado para a superfície. Depois é transportado para uma refinaria por intermédio de oleodutos, caminhões ou navios petroleiros. Na refinaria ele é aquecido e destilado para separá-lo em componentes com diferentes pontos de ebulição. (MILLER, 2006, p. 290)

#### a) Vantagens

O recurso do petróleo possui elevado rendimento energética e explorado desde a revolução industrial, e por isso a tecnologia já se encontra bem avançada, o que ajuda a evitar impactos catastróficos. Devido as suas propriedades físico-químicas é amplamente utilizado no setor de transportes, e utilizado como matéria-prima em produtos químicos, pesticidas, plásticos, fibras sintéticas, tintas, remédios e vários outros. (MILLER, 2006, p. 290)

#### b) Desvantagens

Quando a extração ocorre em atividades terrestres, grandes impactos em relação a fauna e flora podem existir, principalmente quando há necessidade de desmatamento, o que causa fragmentação dos sistemas florestais, deslocamentos de animais e perda da biodiversidade da região. Outro impacto é o efeito de borda, que é a alteração das condições ambientais nas proximidades da faixa desmatada, o qual aumenta a infiltração do vento e dos raios solares, elevando a temperatura e reduzindo os níveis de umidade. Tais alterações podem levar à extinção de espécies,



principalmente espécies locais, além da possibilidade do assoreamento ou perturbação do regime hídrico. (MME, 2007d, p. 38)

A exploração marítima é ainda mais complexa e pode acarretar em profundos impactos ambientais. Como primeiro ponto negativo tem-se os ruídos gerados pelas atividades, os quais podem interferir na migração de comunidades pelágicas. Outro ponto negativo é que, durante a perfuração, fragmentos e fluídos podem ser descarregados, contaminando espécies com elementos tóxicos que se acumulam e podem causar disfunção endócrina, afetando as cadeias alimentares e a biodiversidade. Mas a grande problemática são os acidentes com derramamentos de óleo, que podem afetar o bioma de maneira irreversível. (MME, 2007d, p 39)

Em função das grandes distâncias que precisam ser percorridas até as refinarias, vazamentos e acidentes são propícios em acontecer, tanto em terra quanto no mar. Além disso, outros efeitos nocivos se apresentam no processo da queima do petróleo quando já em uso pelo ser humano, como por exemplo a vasta emissão de GEE, principalmente o CO<sub>2</sub>. Uma das principais desvantagens se encontra no fato das reservas em exploração serem em países politicamente instáveis, o que coloca em perigo a sua extração e a segurança do sistema de distribuição de energia, provocando a instabilidade a nível dos preços e afetando a economia de todos os países que têm uma elevada dependência das importações de petróleo. (LAVADO, 2009, p. 10)

### c) Panorama Atual

O carvão mineral foi a fonte energética predominante no processo de industrialização do século XIX, tendo sua participação ascendente na matriz energética mundial até 1920, quando chegou a representar 70% da energia primária consumida no mundo. Nessa ocasião, o petróleo participava com apenas 9%, mas a partir de então assumiu seu lugar e foi progressivamente tomando o espaço do carvão mineral, até que em 1970 alcançou 62% do consumo mundial de energia primária. (MME, 2007d, p. 181)

Apesar da sua importância na matriz energética mundial, os derivados do petróleo não participam de forma significativa na geração de energia elétrica no mundo, contribuindo com menos de 7% na geração total, e esse quadro não deve inverter no futuro. (MME, 2007d, p. 146)

No âmbito nacional, a maior parcela de petróleo é produzida na região Sudeste, nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, sendo que mais de 90% da produção se encontra em águas muito profundas. (WEC, 2013, p. 72)

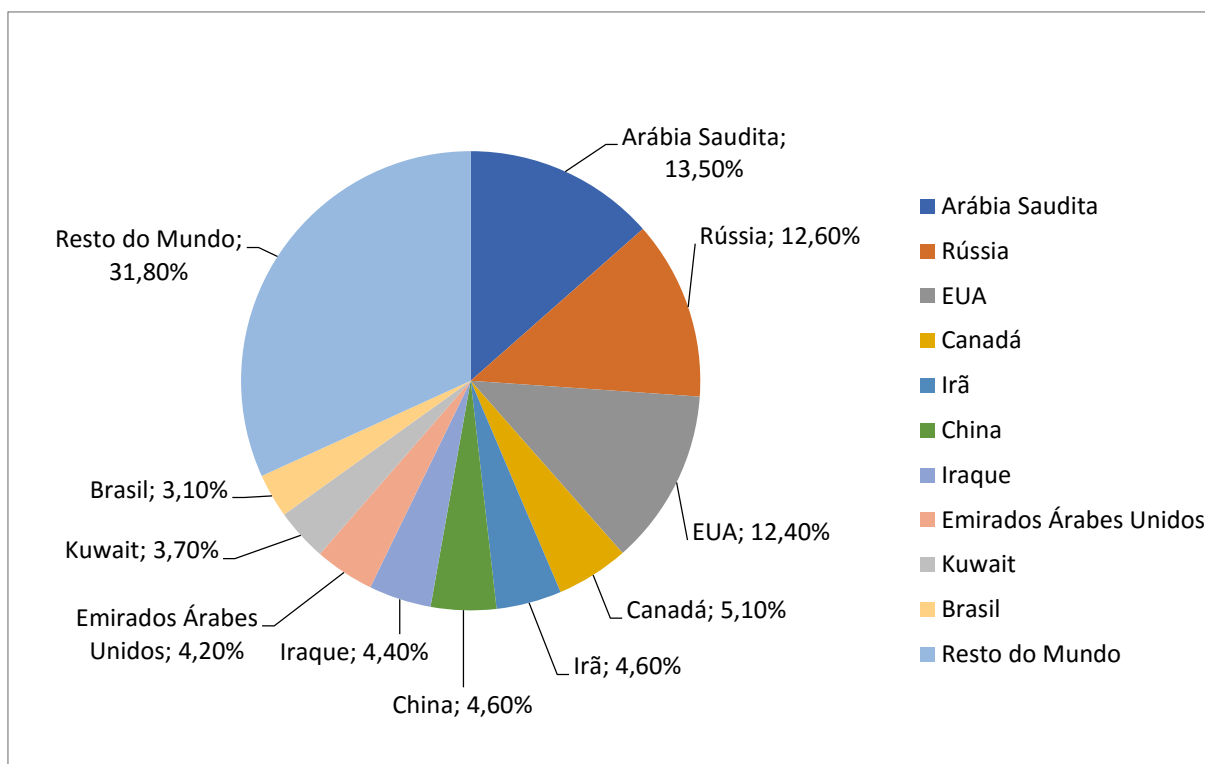
O Pré-Sal, considerada a maior descoberta dos últimos dez anos no cenário mundial, colocou o setor de petróleo e gás brasileiro em posição de destaque no âmbito internacional. A expectativa é de que a exploração do óleo na nova fronteira petrolífera, possa impactar positivamente a estrutura socioeconômica do país, não só através dos royalties, mas também do desenvolvimento de todo o setor com a atração de grandes fornecedores, desenvolvimento de empresas brasileiras e, principalmente, para a consolidação do Brasil como um polo tecnológico de ponta. (FGV, 2015, p.10)

Em 2016, houve um crescimento de 3% na produção brasileira, atingindo uma média de 2,52 milhões de barris diários, dos quais 94% são de origem marítima, procedentes principalmente do Rio de Janeiro (67% da produção anual). Já a produção terrestre provém sobretudo do estado do Rio Grande do Norte, responsável por 33% do total. Já o consumo apresentou mudanças no diesel, com queda de 6%, e na gasolina automotiva, tendo alta de 9,5%, com o setor de transporte sendo responsável por 82,1% do consumo final de óleo diesel. (EPE, 2017, p. 18)

O petróleo:

- Conforme o Gráfico 1 representa cerca de 31,7% no consumo mundial. Ele é o grande propulsor da economia mundial e deverá manter-se assim por conta da sua grande disponibilidade e seu potencial energético. (IEA, 2017. p. 6)
- De acordo com o Gráfico 2 representa 36,5% da oferta interna de energia. (EPE, 2017, p. 23)
- Segundo o Gráfico 5 atende a parcela de 6,06% da Matriz de Energia Elétrica brasileira. (ANEEL, 2018a, p. 1)

Os maiores produtores de petróleo são Arábia Saudita, Rússia e Estados Unidos, conforme visto no Gráfico 9, somando quase 40% da produção global. Na Tabela 5 é possível comprovar tais dados através da quantidade gerada em cada país.



**Gráfico 9: Produtores de Petróleo em 2016**

Fonte: IEA (2017, p. 13)

**Tabela 5: Principais Produtores de Petróleo em 2016**

Produtores	(Mt)
Arábia Saudita	583
Rússia	546
EUA	537
Canadá	220
Irã	200
China	200
Iraque	191
Emirados Árabes Unidos	182
Kuwait	159
Brasil	135
Resto do Mundo	1368
TOTAL	4321

Fonte: IEA (2017, p. 13)

### 3.4 ENERGIAS RENOVÁVEIS

De acordo com Pereira (2006), a crise energética relacionada a redução da oferta de combustíveis fósseis e a preocupação com a preservação do meio ambiente está impulsionando a pesquisa e desenvolvimento de fontes alternativas de energia menos poluentes, renováveis e de menor impacto ambiental.

Segundo Goldemberg e Lucon (2008), uma energia pode ser considerada renovável quando as condições naturais permitem sua recomposição em um curto espaço de tempo. Dessa forma, as principais fontes renováveis são a solar, a maremotriz, a geotermal, a eólica, a hidráulica e a biomassa.

As principais vantagens dessas fontes de energia estão no fato de diminuir o lançamento de GEE por substituírem o uso de combustíveis fósseis, a possibilidade de atender as demandas em áreas rurais, urbanas e industriais, e expandir o índice de emprego em todos os processos de geração de energia na montagem, instalação e manutenção. (LAVADO, 2009, p. 18)

As principais vantagens dessas fontes de energia estão no fato de diminuir o lançamento de GEE por substituírem o uso de combustíveis fósseis, a possibilidade de atender as demandas em áreas rurais, urbanas e industriais, e expandir o índice de emprego em todos os processos de geração de energia na montagem, instalação e manutenção. (LAVADO, 2009, p. 18)

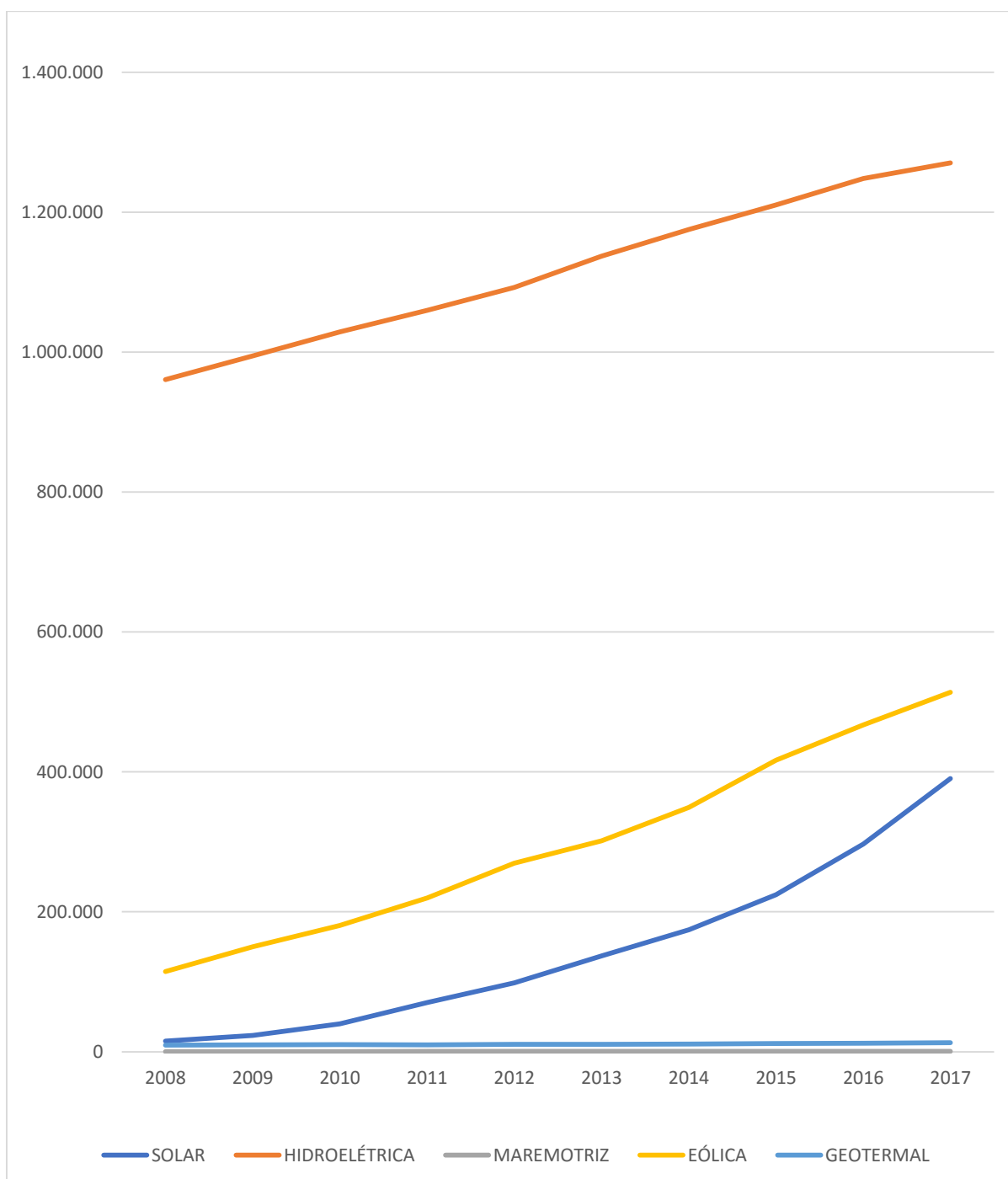
Ainda que existam tão duras disparidades, investimentos têm sido empregados mundialmente com suporte dos governos, e como resultado, praticamente todos os países já possuem no mínimo uma meta no uso de energias renováveis. De 2004 para 2017 a quantidade foi expandida de cerca de 48 para 147 países. (IRENA, IEA, REN21, 2018, p. 18)

O futuro energético sustentável do globo se torna possível através da descarbonização do setor de energia, se comandado por fontes renováveis. Com a participação mais efetiva da energia solar e eólica, o crescimento das renováveis aumentaria de 25% em 2017 para 85% até 2050. (IRENA, 2018b, p. 10)

O principal recurso energético disponível para o ser humano é a energia solar, pois cerca de 60% da energia total do sol alcança a superfície terrestre, além de poder ser usada na sua forma direta (radiação solar) e indireta (vento, biomassa, hidro, oceano, entre outros). Calcula-se que se apenas 0,1% de toda essa energia fosse

convertida com uma eficiência de 10%, ela seria quatro vezes maior que a eficiência total de geração de energia elétrica mundial. (WEC, 2013, p. 19)

Nos últimos anos, houve um progresso significativo no uso de fontes renováveis em âmbito mundial. Conforme o Gráfico 10, é possível perceber o crescimento ascendente da hidráulica, eólica e solar.



**Gráfico 10: Comparação da Capacidade Mundial de Energias Renováveis de 2008 a 2017**

Fonte: IRENA (2018c, p. 21).

### 3.4.1 Energia Solar

A energia solar, quando atravessa a atmosfera terrestre, grande parte se manifesta através de raios infravermelhos e de raios ultravioletas, que podem ser convertidos em energia térmica ou elétrica, dependendo do mecanismo utilizado na captação. (ANEEL, 2008, p. 84)

A energia solar pode ser aproveitada através de dois tipos diferentes de usinas: (i) fotovoltaica, que consiste em painéis fotovoltaicos instalados em uma área relativamente grande, geralmente feitos de silício, capazes de converter a irradiação solar diretamente em eletricidade; e (ii) heliotérmica, voltada para a geração de eletricidade através do aquecimento de um fluido e funcionará de maneira semelhante à uma termelétrica convencional. Dessas duas, a tecnologia que tem se mostrado mais competitiva é a fotovoltaica. (FGF, 2015b, p.6)

#### a) Vantagens

O claro benefício da energia solar em comparação com outras fontes de energia é o baixo índice de emissões de gases de efeito estufa (GEE), com a implementação de tecnologias de energia solar resultando em compensações ambientais significativas. (WEC, 2016h, p. 49)

A energia solar é a mais abundante fonte de energia no planeta e os custos da produção de energia estão caindo continuamente, a tecnologia está melhorando e crescente gama de aplicações estão abertas para o setor de energia solar. (WEC, 2016h, p. 3)

A indústria solar continuou a mostrar uma expansão na criação de emprego, apesar de um declínio no investimento total em energia solar. Em 2014, quase 3,3 milhões de pessoas em todo o mundo foram empregados (direta e indiretamente) pelo setor de energia solar, com o setor solar fotovoltaico responsável por 2,5 milhões de empregos. A grande maioria dos empregos é na Ásia, especialmente na fabricação de equipamentos solares e os principais centros de demanda por energia solar. (WEC, 2016h, p. 3)

## b) Desvantagens

Possui os custos elevados como principal dificuldade para a implementação. (IRENA, 2018c, p. 21).

A energia solar também tem alta variabilidade, variando com o nível de radiação direta do sol, que muda em função do dia do ano e do local e também com condições instantâneas, como a presença de nuvens. (FGF, 2015b, p.6)

A geração solar em grande escala requer um uso de terra considerável, dependendo dos fatores como a tecnologia adotada, a topografia do local disponível e a intensidade solar. (WEC, 2016h, p. 49)

Uma ampla gama de materiais potencialmente prejudiciais são produzidos no processo de células fotovoltaicas solares. Os materiais produzidos na fabricação de PV de silício são semelhantes aos encontrados na indústria eletrônica. Eles incluem o gás silano, que é potencialmente explosivo vários incidentes relatados a cada ano. (WEC, 2016h, p. 49)

## c) Panorama Atual

No aspecto mundial, os países com maior capacidade de instalação de placas fotovoltaicas são a Alemanha, Espanha, Japão, EUA, Itália e Coreia do Sul. (EPE, 2015, p. 312)

A maior instalação solar tem sido em regiões com relativamente menos recursos solares como Europa e China, enquanto na África e Oriente Médio, regiões com elevadas incidências solares os investimentos permanecem pouco expressivos. (WEC, 2016h, p. 2)

A energia solar tem se desenvolvido continuamente há quase 20 anos, de menos de 15 gigawatts (GW) de capacidade mundial instalada em 2008 para mais de 390 GW em 2017. (IRENA, 2018c, p. 21)

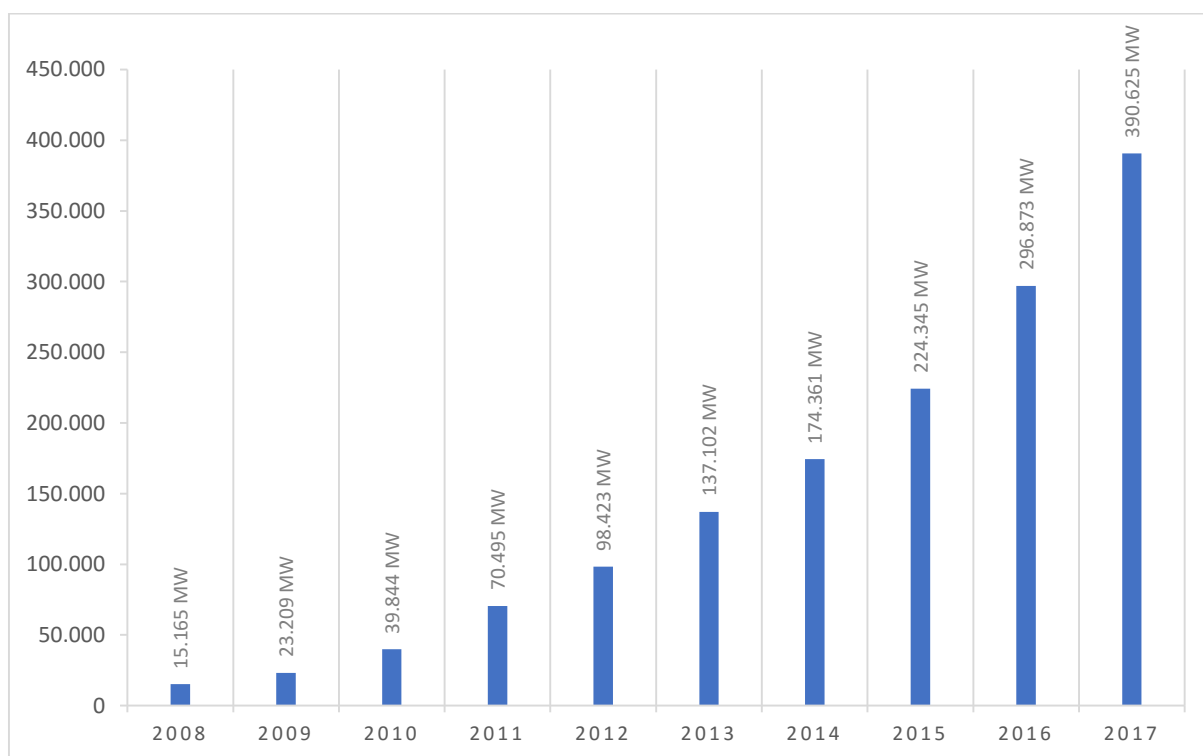
A energia solar no Brasil apresenta grande potencial, pois está localizado no cinturão solar do planeta. Como comparação, o local que apresenta a pior irradiação no Brasil, o Sul, tem melhores índices que o melhor local da Alemanha, país que apresenta o maior mercado de energia solar do mundo. (FGF, 2015b, p.32)

Na realidade nacional o uso das placas fotovoltaicas se dá sobretudo nas residências das cidades e zona rural, porém a participação da energia solar na matriz energética continua modesta. (ANEEL, 2008, p. 85)

A energia solar:

- Conforme o Gráfico 1 não é uma fonte representativa na demanda mundial de energia primária. (IEA, 2017, p. 6)
- De acordo com o Gráfico 2 também não possui notabilidade da oferta interna de energia. (EPE, 2017, p. 23)
- Segundo o Gráfico 5 atende a parcela de 0,68% da Matriz de Energia Elétrica brasileira. (ANEEL, 2018a, p. 1)

A energia solar vem se dissipando ao longo dos últimos anos, e entre 2008 e 2017 cresceu mais de 2.400%, tendo seu maior progresso anual entre 2010 e 2011, com uma ascensão de 76%.

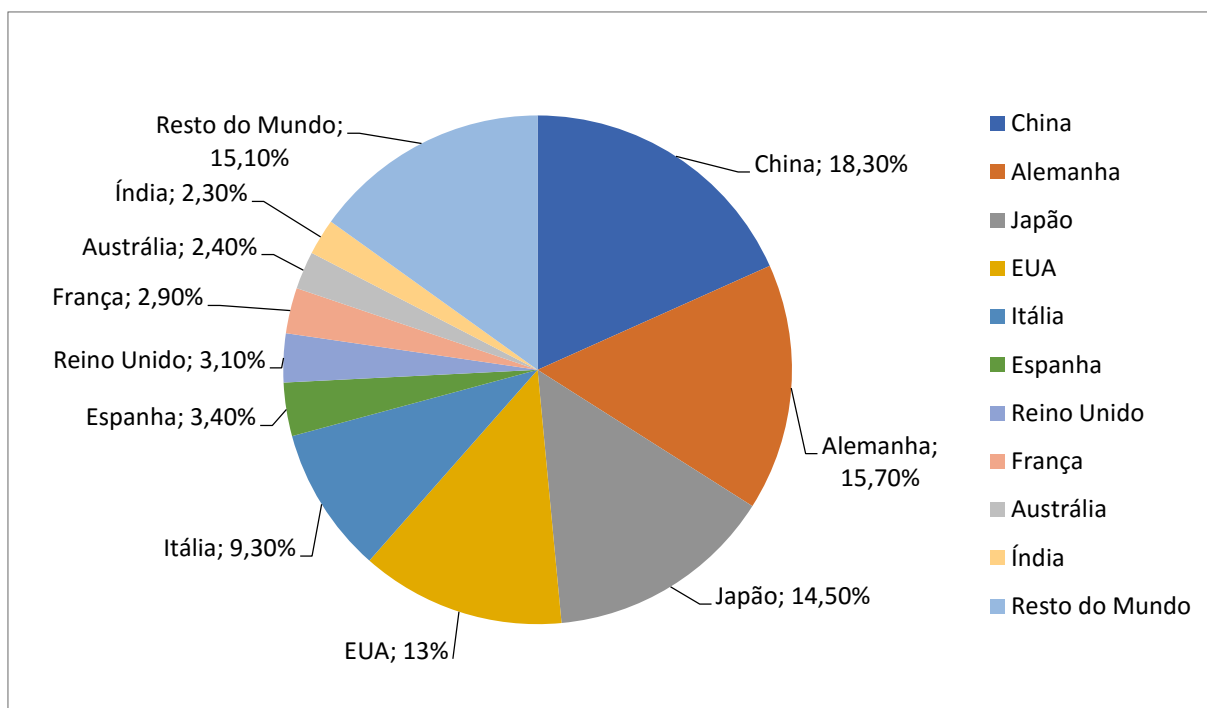


**Gráfico 11: Capacidade Mundial de Energia Solar (MW) de 2008 a 2017**

Fonte: IRENA (2018c, p. 21).

Os maiores produtores de energia elétrica fotovoltaica são China, Alemanha, Japão, Estados Unidos e Itália, conforme visto no Gráfico 12, os quais produzem em torno de 70% de toda a produção mundial. Na Tabela 5 é possível comprovar tais dados através da quantidade gerada em cada país.





**Gráfico 12: Produtores de Energia Elétrica Fotovoltaica em 2015**

Fonte: IEA (2017, p. 25)

**Tabela 6: Principais Produtores de Eletricidade por Fonte Fotovoltaica em 2015**

Produtores	(TWh)
China	45
Alemanha	39
Japão	36
EUA	32
Itália	23
Espanha	8
Reino Unido	8
França	7
Austrália	6
Índia	6
Resto do Mundo	37

Fonte: IEA (2017, p. 25)

### 3.4.2 Biomassa

De acordo com a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (2015), biomassa é a massa que totaliza os organismos vivos de uma área. Do ponto de vista energético, biomassa é o recurso renovável, não fóssil, proveniente de matéria orgânica, de origem animal ou vegetal, que pode vir a ser empregue na produção de energia.

A biomassa direcionada para fins energéticos é classificada segundo sua origem, sendo elas: Biomassa Energética Florestal, Biomassa Energética da Agropecuária, Biomassa Agroindustrial, Biomassa de Produção Animal e Rejeitos Urbanos. (EPE, 2017, p. 125)

Essa fonte possui energia acondicionada sob forma química, e sua aplicação se dá através da Combustão Direta (com ou sem processos físicos de secagem, classificação, compressão, corte/quebra, etc.), de Processos Termoquímicos (gaseificação, pirólise, liquefação e transesterificação) ou por Processos Biológicos (digestão anaeróbia e fermentação). (MME, 2007b, p. 234)

#### a) Vantagens

As instalações de combustão não são uma fonte significativa de emissões de partículas, a implementação de regulamentos governamentais sobre estratégias de controle de emissões, reduz as emissões de dioxinas em 99,9%. (WEC, 2016g, p. 4)

A biomassa voltada para aproveitamento energético, está entre as fontes renováveis com melhores alternativas em termos de natureza, origem e tecnologia de conversão. (MME, 2007b, p. 13)

Em um futuro próximo a biomassa poderá colaborar mais significativamente na demanda sustentável de energia, pois atualmente já corresponde como maior responsável globalmente pela energia renovável, com grande capacidade de expansão na geração de eletricidade, calor e combustíveis para o setor de transporte. A correta implantação da bioenergia pode ainda oferecer reduções nas emissões de GEE, progresso na segurança energética e nos balanços comerciais, pois os combustíveis fósseis importados seriam substituídos pela biomassa local, otimização

econômica e social nas comunidades rurais e redução dos problemas com descarte de resíduos. (WEC, 2013, p. 289)

A aplicação da biomassa pode ser agente de transformação de populações afastadas, agricultores independentes ou cooperativado que podem produzir sua própria energia. Dessa forma, a expansão da agro energia, além de suprir os indivíduos de forma independente, pode gerar emprego, faturamento e progresso tecnológico, e ao mesmo tempo atingir a busca por combustíveis de baixo impacto ambiental. (MME, 2007b, p. 242)

#### b) Desvantagens

Em contrapartida, a geração de biomassa exige grandes áreas de uso, as quais associadas às atividades de monocultura geram impactos na qualidade do solo, e um possível duelo entre produção de alimento e energia, dependendo dos valores impostos pelo mercado de cada ramo. (MME, 2007b, p. 230)

#### c) Panorama Atual

A necessidade de aumentar a quota de energias renováveis e reduzir as emissões de GEE, juntamente com a conscientização ambiental para proteger o meio ambiente de práticas poluentes e insustentáveis, como a deposição em aterro, terão um impacto positivo no desenvolvimento do mercado de biomassa. A Europa é o maior e mais sofisticado mercado para tecnologias de conversão. O mercado da Ásia-Pacífico é dominado por Japão, que usa até 60% de seus resíduos sólidos para incineração. No entanto, o mais rápido crescimento do mercado foi testemunhado na China, que mais do que duplicou o sua capacidade no período 2011-2015. De uma perspectiva regional, a região da Ásia-Pacífico é quem registra o crescimento mais rápido, impulsionado pelo aumento da geração de resíduos e iniciativas na China e na Índia. (WEC, 2016g, p. 3)

O Brasil possui condições climáticas propícias, terras disponíveis e bagagem aglomerada por ser um dos primeiros no ressurgimento do uso dessa fonte para geração de energia. A mudança no uso dos combustíveis fósseis por matérias vindas da biomassa, através de tecnologias de conversão eficazes, coopera na redução da

poluição atmosférica, na mitigação dos efeitos dos GEE, e para a diminuição do uso intensivo dos recursos não renováveis. (MME, 2007b, p. 199)

No âmbito da geração de energia elétrica, a principal matéria prima da biomassa empregada no Brasil é o bagaço de cana, decorrente principalmente da indústria de etanol e açúcar estabelecida no cenário nacional. (EPE, 2015, p. 137)

Em maio de 2015, a potência instalada em 507 empreendimentos (fonte biomassa) alcançou 13,3 GW na matriz elétrica nacional, dos quais 10,6 GW (388 plantas) fazem uso do bagaço de cana. (REIS, 2015, p. 13)

A biomassa:

- Conforme o Gráfico 1 é responsável por 9,7% da demanda mundial de energia primária. (IEA, 2017, p. 6)
- De acordo com o Gráfico 2 representa 25,5% da oferta interna de energia. (EPE, 2017, p. 23)
- Segundo o Gráfico 5 atende a parcela de 8,74% da Matriz de Energia Elétrica brasileira. (ANEEL, 2018a, p. 1)

### 3.4.3 Energia Geotérmica

A Energia Geotérmica é a energia contida nos reservatórios subterrâneos, de vapor de água quente através dos gêiseres (fonte de vapor interno com erupções periódicas) e em rochas quentes no interior da Terra. A utilização de vapor ou água aquecida nas profundezas da Terra pode ser aproveitada da mesma forma que o vapor ou água aquecido por outros meios. (WEC, 2016a, p. 3)

Segundo Macedo (2003), a utilização de energia geotérmica para geração de eletricidade ou calor possui elevada possibilidade de crescimento na matriz energética, especialmente ao se considerar sua potencialidade de geração de energia, pois 1% da energia térmica contida em uma camada superficial de 10 km da Terra corresponde a 500 vezes todas as reservas de óleo e gás.

### a) Vantagens

As principais vantagens são que não depende das condições climáticas, está disponível durante todo o ano e pode ser encontrado em todo o mundo. possui potencial energético e a implantando energia geotérmica tem benefícios adicionais, como também contribui para reduzir o aquecimento global e efeitos benéficos para a saúde pública a partir do uso de seu uso recreativo. (IRENA, 2017, p. 2)

### b) Desvantagens

Os fluídos geotérmicos são compostos por vários gases, majoritariamente nitrogênio e dióxido de carbono, e com poucas quantidades de sulfeto de hidrogênio, amônia, mercúrio, radônio e boro. As quantidades variam de acordo com as condições geológicas do local. Porém, a concentração normalmente não é prejudicial e pode ser evacuado na atmosfera. (WEC, 2013, p. 368)

A principal barreira para mais geotérmica desenvolvimento reside na difícil tarefa de assegurando financiamento para exploração de superfície e operações de perfuração. Isso pode ser amenizado através de financiamento público e a criação de empresas para explorar recursos geotérmicos. (IRENA, 2017, p. 5)

### c) Panorama Atual

Esta fonte renovável é responsável por uma parte significativa da demanda de eletricidade em países como Islândia, El Salvador, Nova Zelândia, Quênia e Filipinas, destacando 90% da demanda por aquecimento na Islândia. Em 2015, usinas de energia geotérmica geraram aproximadamente 80,9 TWh, ou aproximadamente 0,3% da eletricidade global geração. Com os Estados Unidos (2,5 GW), as Filipinas (1,9 GW) e Indonésia (1,5 GW) liderando em capacidade instalada de energia geotérmica. (IRENA, 2017, p. 2)

Mundialmente, a porção de países produzindo energia elétrica com base no recurso geotérmico tem crescido, atingindo no final de 2016 uma capacidade total instalada de 12,7GW, 26% a mais do que em 2010. A maior parte dessas instalações foram implantadas em áreas geotérmicas ativas. (IRENA, 2018, p. 137)

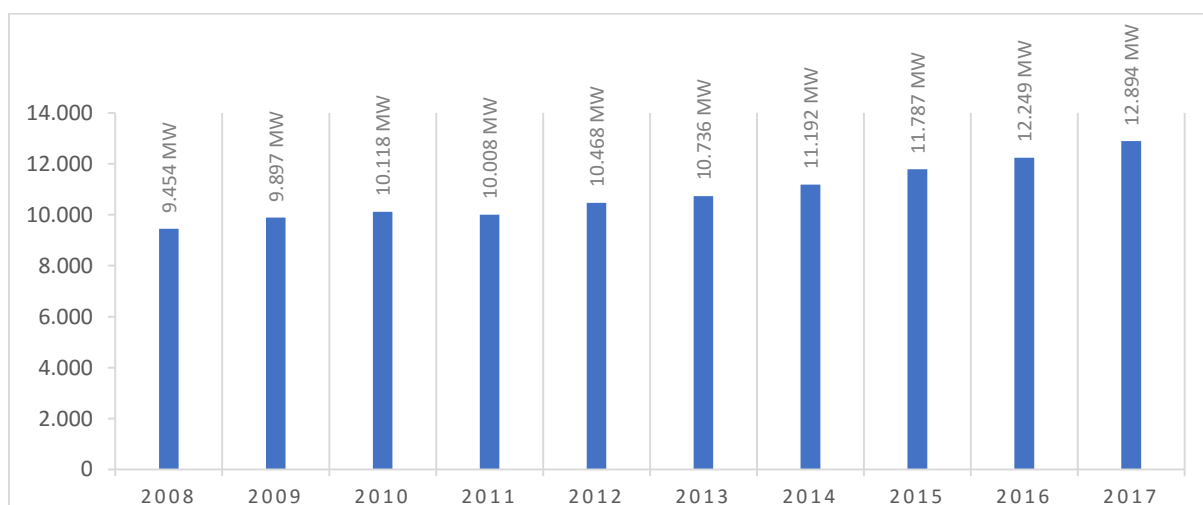
No Brasil, a situação é outra, pois os escassos estudos mostram baixas temperaturas abaixo da superfície, o que restringe o uso dessa fonte de energia, atualmente sendo usada basicamente para lazer e recreação. (ARBOIT, DECEZARO, et al, 2013, p.165)

No ano de 2005 a capacidade instalada (cerca de 360 MWt) foi utilizada principalmente para banho e natação, com apenas 4 MWt usados para secagem de produtos agrícolas/aquecimento industrial. Os 12 ou mais sistemas existentes (a maioria localizada na região Centro-Oeste e Sul) poderiam ser classificados como BRT (Banho, Recreação e Turismo), PIS (Potencial para uso industrial e aquecimento de ambientes) e TDB (Terapêutico, Potável e Banho). Os sistemas de BRT totalizavam 16 MWt, o PIS, 343 MWt e o TDB, 3 MWt, embora o elemento PIS não estivesse sendo usado industrialmente, e sim para fins recreativos. (WEC, 2013, p. 377)

A energia geotérmica:

- Conforme o Gráfico 1 não é uma fonte representativa na demanda mundial de energia primária. (IEA, 2017, p. 6)
- De acordo com o Gráfico 2 também não possui notabilidade da oferta interna de energia. (EPE, 2017, p. 23)
- Segundo o Gráfico 5 possui o padrão de irrelevância na Matriz de Energia Elétrica brasileira. (ANEEL, 2018a, p. 1)

Apesar do avanço das energias renováveis, a energia geotermal não teve uma evolução considerável ao longo dos últimos anos, tendo um crescimento de apenas 36% entre 2008 e 2017, conforme o Gráfico 13.



**Gráfico 13: Capacidade Mundial de Energia Geotermal de 2008 a 2017**

Fonte: IRENA (2018c, p. 39)

### 3.4.4 Energia Hidráulica

A energia hidráulica é resultante da irradiação solar e da energia potencial gravitacional, que provocam a evaporação, condensação e precipitação da água sobre a superfície terrestre. (ANEEL, 2005, p. 43)

A energia elétrica produzida com base no potencial hidrelétrico utiliza da combinação do volume de água de um rio, ou de uma represa, unido a um desnível topográfico relevante, permitindo a transformação da energia potencial e cinética da água em trabalho em uma turbina, que aciona um gerador elétrico, transformando-o em energia elétrica. (MME, 2007c, p. 153)

#### a) Vantagens

As grandes hidrelétricas possuem vantagens com os reservatórios de água, pois eles não apenas são úteis para a produção de energia elétrica, como também para fins recreativos, incentivando economias locais de pequenas proporções. (MILLER, 2006, p. 317)

Mesmo em períodos de estiagem, as hidrelétricas amparam a oferta de energia nacional, devido aos seus grandes reservatórios e sua alta eficiência energética. (MME, 2007c, p. 161)

A implantação desse modelo de usina desencadeia um desenvolvimento regional (geralmente em zonas rurais), pois os municípios recebem um subsídio financeiro vindos dos royalties, e podem ter um ganho na questão turística em função das praias artificiais resultantes das represas, incentivando o mercado pesqueiro de igual modo. Um exemplo dessa situação é a Usina Hidrelétrica de Itaipu e seus municípios ribeirinhos. (MME, 2007c, p. 162)

Dentre os benefícios ambientais dessa fonte de energia estão a não poluição da atmosfera, baixas emissões de gases de efeito estufa, a não produção de resíduos perigosos e baixos resquícios deixados pela operação usina, além de não consumir recursos renováveis. (MME, 2007c, p. 162)

## b) Desvantagens

Na locação de uma hidrelétrica, questões socioambientais se fazem presentes, pois há a necessidade de desvios dos rios e de alagamentos para a execução das represas, sendo inevitável remover e relocar comunidades, alterar e até eliminar ecossistemas, florestas e sítios históricos, e desequilibrar a fauna e flora locais quando ocorre a submersão. (MME, 2007c, p. 154)

Já os projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) possuem menos desvantagens socioambientais, todavia o output elétrico pode variar com as estações e com o volume dos rios, além do custo do KWh ser superior. A potência instalada varia entre 5MW e 30MW. (LAVADO, 2009, p. 20)

## c) Panorama Atual

Esse tipo de fonte de energia corresponde a uma parcela significativa da matriz energética brasileira e possui tecnologias de aproveitamento devidamente consolidadas. Atualmente, é a principal fonte geradora de energia elétrica do Brasil. (ANEEL, 2005, p. 43)

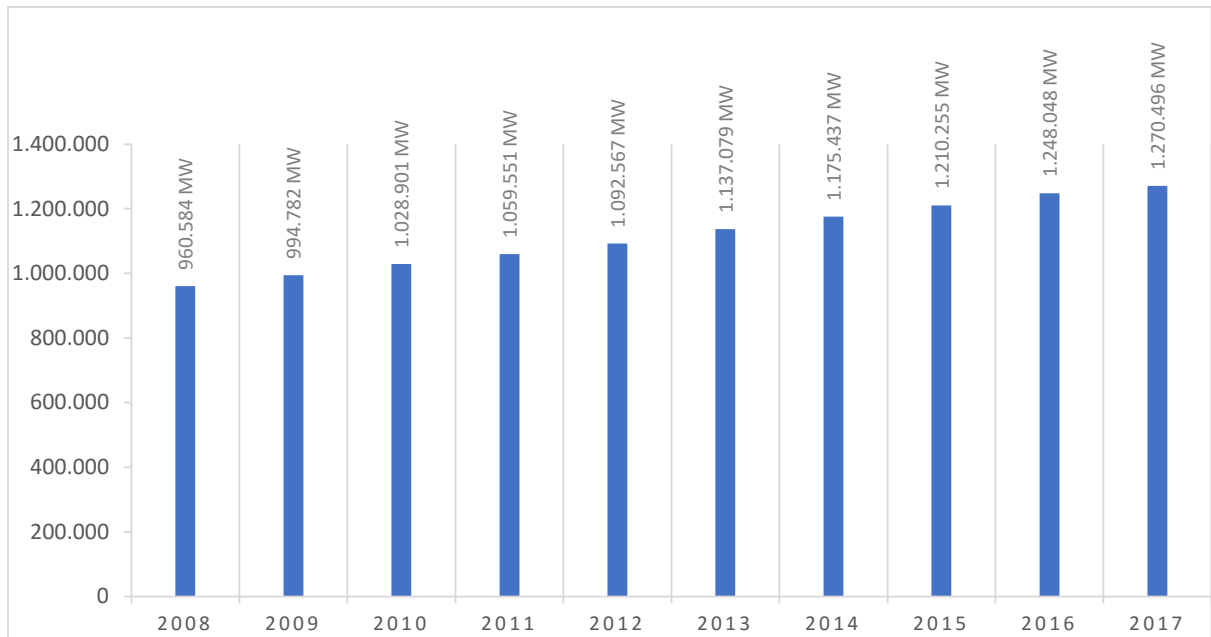
No século passado, o desenvolvimento do Brasil teve como um dos pedestais a geração de energia por fontes hidráulicas, e seu valor continua sendo fundamental, sendo possível que ao longo dos futuros anos, mesmo com a diversificação da matriz energética brasileira, ela continue como um dos pilares da geração de energia nacional. (MME, 2007c, p. 194)

A energia hidráulica:

- Conforme o Gráfico 1 é responsável por 2,5% da demanda mundial de energia primária. (IEA, 2017, p. 6)
- De acordo com o Gráfico 2 representa 12,6% da oferta interna de energia. (EPE, 2017, p. 23)
- Segundo o Gráfico 5 atende a parcela significativa de 60,77% da Matriz de Energia Elétrica brasileira. (ANEEL, 2018a, p. 1)

A energia hidrelétrica já tem seu papel consolidado na matriz de energia mundial desde o século passado, e se mantém forte até hoje. Seu avanço permanece estável e ascendente, tendo aumentado em torno de 32% entre 2008 e 2017, conforme visto no Gráfico 14.

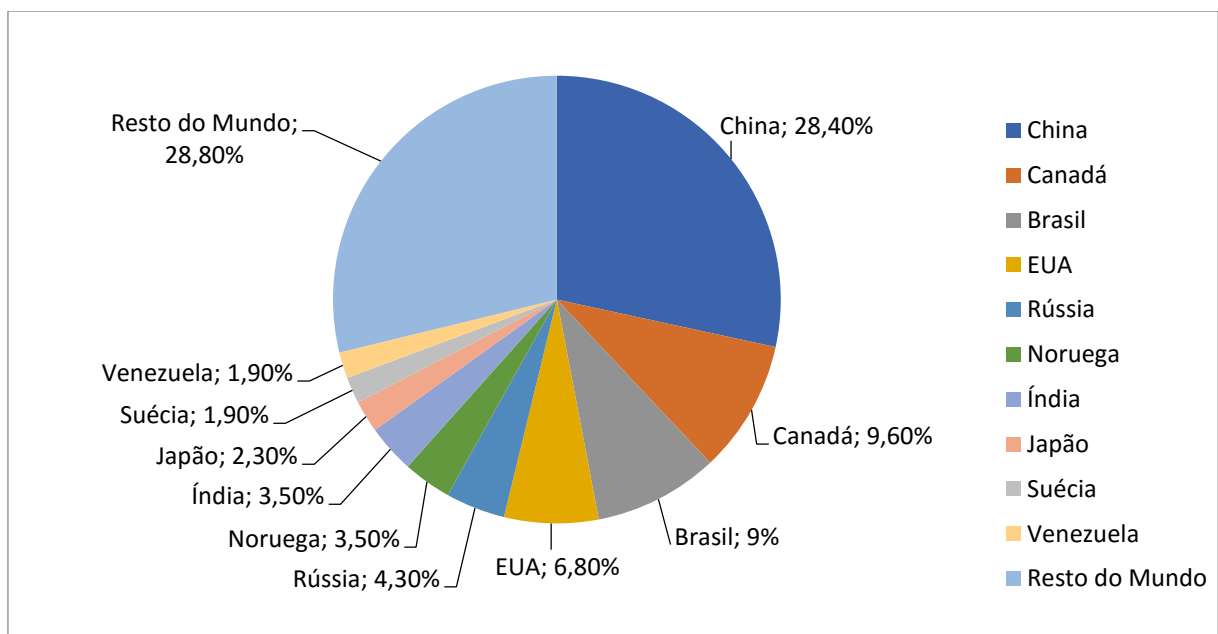




**Gráfico 14: Capacidade Mundial de Energia Hidrelétrica de 2008 a 2017 (MW)**

Fonte: IRENA (2018c, p. 5)

Os maiores produtores de energia hidráulica são China, Canadá e Brasil, totalizando quase um meio de toda a produção mundial, conforme visto no Gráfico 15. O Brasil ganha destaque nessa esfera, alcançando 9% do total. Na Tabela 7 é possível comprovar tais dados através da quantidade gerada em cada país.



**Gráfico 15: Produtores de Eletricidade por Fonte Hidrelétrica em 2015**

Fonte: IEA (2017, p. 21)

**Tabela 7: Produtores de Eletricidade por Fonte Hidrelétrica em 2015 (TWh)**

<b>Produtores</b>	<b>(TWh)</b>
China	1130
Canadá	381
Brasil	360
EUA	271
Rússia	170
Noruega	139
Índia	138
Japão	91
Suécia	75
Venezuela	75
Resto do Mundo	1148

Fonte: IEA (2017, p. 21)

### 3.4.5 Energia Maremotriz

O princípio da geração de energia elétrica compreende o aproveitamento das marés, correntes marítimas e ondas. A obtenção da energia se dá através da energia cinética gerado pelo movimento das águas ou pela energia resultante da mudança das marés alta e baixa. (ANEEL, 2008, p. 88)

O potencial teórico de energia das marés encontra-se entre 90 e 165 GW, permanecendo assim até que mudanças climáticas significativas ocorram, interferindo nas ondas. (FLEMING, 2012, p. 75).

Segundo o European Renewable Energy Council (EREC, 2006) a energia maremotriz, apesar de pouco difundida, deverá ter maior utilização depois de 2020, com taxas de crescimento similares as que estão tendo no presente nas energias eólica e solar.

#### a) Vantagens

Embora descontinuada, a energia maremotriz é previsível, pois as marés são diretamente relacionadas aos fenômenos astronômicos, dessa forma sabe-se através

desses estudos os momentos que uma usina poderá gerar energia. (NETO, SAAVEDRA, et al., 2011, p. 220)

Apesar da pequena quantidade de usinas maremotrizes em pleno funcionamento ao redor do mundo, a tecnologia e os princípios operacionais já se revelaram confiáveis, permitindo a segura reprodução em outros locais com potencial expressivo nesse tipo de geração. (NETO, SAAVEDRA, et al., 2011, p. 230)

No uso dessa fonte energética não se tem emissão de gases poluentes, poluição da água, derramamentos de óleo ou produção de resíduos, além da fonte primária ser infinita. (NETO, SAAVEDRA, et al., 2011, p. 223)

#### b) Desvantagens

Em contrapartida, deve-se ter cuidado com os efeitos da implantação e operação de uma usina maremotriz, porque as características nativas do local podem sofrer alterações. (NETO, SAAVEDRA, et al., 2011, p. 222)

Para que as usinas tenham um bom rendimento, é necessário marés de grandes amplitudes e morfologia local adequada para a criação do reservatório. (NETO, SAAVEDRA, et al., 2011, p. 222)

#### c) Panorama Atual

Atualmente, os países que mais utilizam este sistema de geração de energia são: Japão, França, Coreia do Sul, Inglaterra e Estados Unidos, instaladas principalmente no Havaí. Apenas, 0,5 GW da capacidade de geração de energia oceânica comercial está em operação e 1,7 GW em construção. (WEC, 2016i, p. 4)

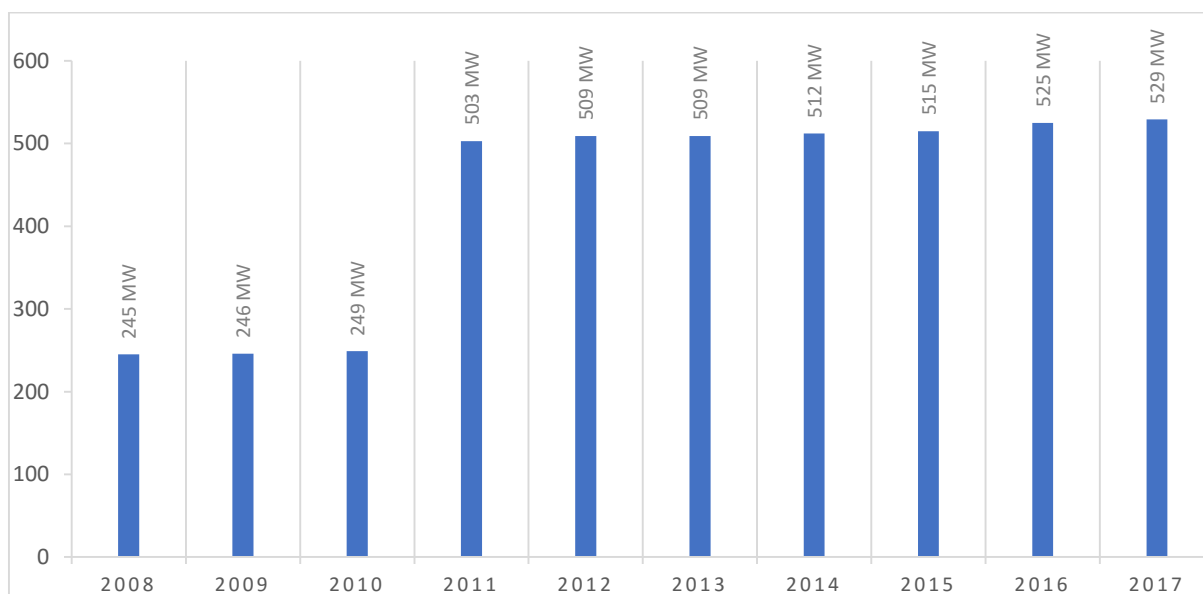
O Brasil possui apenas uma usina em operação, a usina de Porto de Pécem, com potência compartilhada de 50 kW, sendo propriedade da Secretaria de Infraestrutura do Governo do Estado do Ceará e situada no município de São Gonçalo de Amarante – CE. (ANEEL, 2018b, p. 1)

Já as tecnologias desenvolvidas no restante do planeta não são recomendadas para o litoral brasileiro, em função do dimensionamento ter sido feito para climas com ondas mais abundantes, o que acarretaria em um potencial inoperante e a grandes custos desnecessários. (FLEMING, 2012, p. 75)

A energia maremotriz:

- Conforme o Gráfico 1 não é uma fonte representativa na demanda mundial de energia primária. (IEA, 2017, p. 6)
- De acordo com o Gráfico 2 também não possui notabilidade da oferta interna de energia. (EPE, 2017, p. 23)
- Segundo o Gráfico 5 possui o padrão de irrelevância na Matriz de Energia Elétrica brasileira. (ANEEL, 2018a, p. 1)

A despeito do avanço das energias renováveis, a energia maremotriz não teve uma grande evolução ao longo dos últimos anos, sofrendo apenas um salto relevante de 102% entre 2010 e 2011, conforme o Gráfico 13. Porém se mantém estagnada desde então, com sua produção de energia sendo irrelevante se comparada a outras fontes.



**Gráfico 16: Capacidade Mundial de Energia Maremotriz de 2008 a 2017**

Fonte: IRENA (2018c, p. 13)

### 3.4.6 Energia eólica

A energia eólica é a energia cinética contida nas massas de ar em movimento. Sua geração acontece através das turbinas eólicas, que fazem a conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, para a geração de eletricidade. (ANEEL, 2005, p. 93)

Os sistemas de energia eólica são classificados pelo tipo de conexão da rede (conectada ou autônomo), característica de instalação (onshore ou offshore) e tipo de turbina eólica (vertical ou eixo horizontal). A escolha do sistema é definida em função principalmente da velocidade do vento, localização da planta, disponibilidade da rede, tamanho e altura da turbina e tamanho da lâmina. (IRENA, 2016, p. 9)

O potencial energético eólico no mundo, conciliando as tecnologias onshore e offshore, é estimado em torno de 95 terawatts (TW) (WWEA, 2014, p.4).

#### a) Vantagens

Uma das maiores vantagens que a energia eólica proporciona ao meio ambiente é a não emissão de poluentes em toda a fase de operação e geração de energia. (MME, 2007a, p. 27)

Mesmo com a problemática da intermitência na força e velocidade dos ventos, o potencial energético eólico é gigantesco. Estimativas apontam que toda a capacidade de geração de energia mundial seria igual ao potencial energético eólico se esse estivesse presente em apenas 1% da área terrestre do planeta.

#### b) Desvantagens

Em contrapartida, os parques eólicos abrangem grandes áreas, que podem ser utilizadas na agricultura e pecuária para não se tornarem inúteis. São instalados em zonas mais distantes da população, acarretando no aumento do custo das linhas de ligação e distribuição de energia. (LAVADO, 2009, p. 21)

As pás dos aerogeradores podem causar a morte na colisão com pássaros migratórios e as turbinas provocam interferências eletromagnéticas, que prejudica a ação de radares e gera poluição sonora. (MILLER, 2006, p. 318)

Outra desvantagem significativa é a geração de poluição sonora causada pelo ruído, é decorrente de origem mecânica quando proveniente da caixa de engrenagens e da nacele e da junção da torre com a nacele e também aerodinâmico quando o vento incide na turbina. (MME, 2007a, p. 28)

A maior problemática é a intermitência dos ventos. Sendo requisitados no mínimo 9 Km/h de velocidade do deslocamento de massa de ar para o funcionamento do aerogerador. (MORGADO, LEITÃO, et al., 2010, p. 16)

Países europeus estão procurando desenvolver a tecnologia offshore de energia eólica, fazendo uso da costa marinha, que possuem velocidades de vento em geral mais altas que as terrestres e menos obstáculos de interferência. Contudo, possui custos mais elevados nas fases de construção e operação. (IRENA, 2016, p. 1)

### c) Panorama Atual

A capacidade mundial de geração de energia eólica atingiu 416 GW no final de 2015, cerca de 7% da capacidade total de geração de energia global. A taxa de crescimento global em 2015 foi de 17,2%, maior que em 2014 (16,4%). (WEC, 2016j, p. 3)

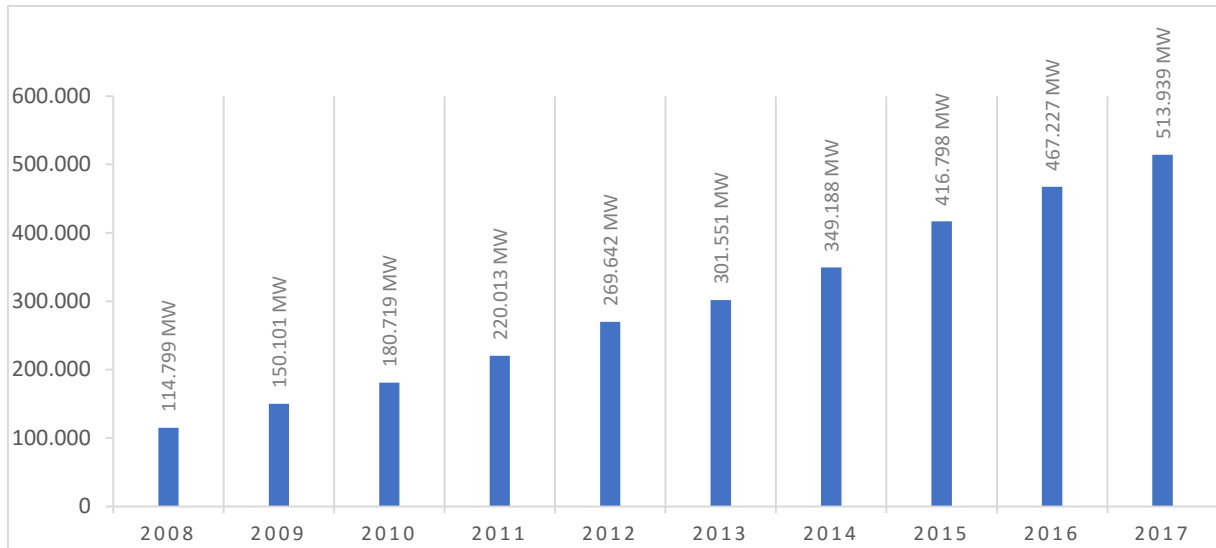
No cenário mundial, dentre os países que possuem uma grande capacidade de parque eólicos instalada, cabe ressaltar os Estados Unidos, China, Alemanha e Espanha (EWEA, 2009, p. 7).

No momento, tal fonte se encontra em expansão no Brasil. Em março de 2015, os parques eólicos brasileiros atingiram 5,73 GW de capacidade instalada. Se considerados os empreendimentos em construção e contratados, a geração eólica deve alcançar 15,4 GW. Estima-se que o potencial eólico brasileiro seja de 143 GW, com destaque para o Nordeste (75 GW). (REIS, 2015, p. 10)

A energia eólica:

- Conforme o Gráfico 1 ainda não é uma fonte representativa na demanda mundial de energia primária. (IEA, 2017, p. 6)
- De acordo com o Gráfico 2 representa 1% da oferta interna de energia. (EPE, 2017, p. 23)
- Segundo o Gráfico 5 atende a parcela de 7,52% da Matriz de Energia Elétrica brasileira. (ANEEL, 2018a, p. 1)

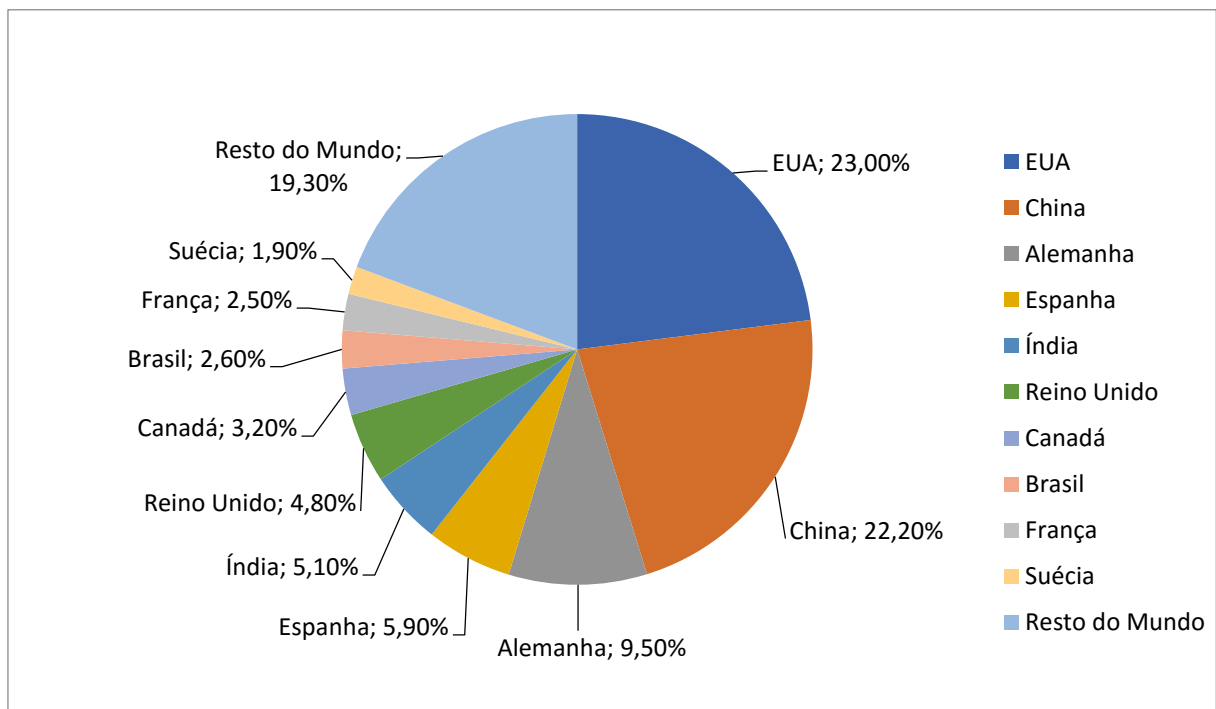
A energia eólica vem se dissipando ao longo dos últimos anos, e entre 2008 e 2017 cresceu quase 350%, tendo seu maior progresso anual entre 2008 e 2009, com uma ascensão de aproximadamente 30%, conforme o Gráfico 17.



**Gráfico 17: Capacidade Mundial de Energia Eólica de 2008 a 2017**

Fonte: IRENA (2018c, p. 14)

Os maiores produtores de energia eólica são Estados Unidos, China e Alemanha, conforme visto no Gráfico 18, sendo que somente os EUA e China são responsáveis por 45,2% de toda a produção global. Na Tabela 8 é possível comprovar tais dados através da quantidade gerada em cada país.



**Gráfico 18: Produtores de Energia Eólica em 2015**

Fonte: IEA (2017, p. 23)

**Tabela 8: Principais Produtores de Energia Eólica em 2015**

<b>Produtores</b>	<b>(TWh)</b>
EUA	193
China	186
Alemanha	79
Espanha	49
Índia	43
Reino Unido	40
Canadá	26
Brasil	22
França	21
Suécia	16
Resto do Mundo	162

Fonte: IEA (2017, p. 23)



## 4 COMENTÁRIOS E DISCUSSÃO

A suficiência energética é um fator importante para a prosperidade e progresso de uma nação. Para tanto, é imprescindível garantir um sistema de fornecimento energético que atenda as expectativas econômicas e preserve o meio ambiente.

Diante dessa necessidade de suprir as demandas de energia fica cada vez mais evidente que todas as fontes são importantes para garantir uma segurança energética, porém o sistema econômico é baseado no consumo de combustíveis fósseis, com a superexploração de reservas finitas e consideráveis impactos ao meio ambiente.

De certa forma, isso enfatiza a importância de diversificar a matriz energética mundial levando à maturidade as tecnologias mais promissoras em termos de redução de impactos ao meio ambiente e emissões de gases do efeito estufa, para alcançar a seguridade do abastecimento energético de modo sustentável.

Para alterar o atual sistema econômico serão necessários avanços tecnológicos, a fim de possuir sistemas com menores índices de desperdício de energia no processo de conversão, ampliação da infraestrutura na rede de transmissão e distribuição, e incentivos políticos para o ambiente de negócios se tornar mais atraente para potenciais investidores.

No que diz respeito ao Brasil, cabe ressaltar a existência da riqueza e diversidade de recursos energéticos e condições naturais propícias à exploração de fontes como a eólica, hidráulica, biomassa e solar, as quais contribuem para a diversificação energética e uma era de segurança energética.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

É preciso pesquisar e analisar com mais profundidade a transição do sistema energético atual para um modelo mais sustentável e ambientalmente satisfatório. No momento presente as fontes de energia renovável funcionam como complementação da demanda energética mundial, mas isso é subaproveitar todo esse potencial, que além de possuir um índice de poluição significativamente menor, pode gerar renda e volume energético através da multiplicação de microprodutores nas zonas rurais e urbanas, promover pesquisas e desenvolvimento das tecnologias de aproveitamento de energia e a quebra de paradigmas dos modelos de gestão política, econômica e consequentemente do mercado de energia.

## REFERÊNCIAS

AGENAL. Agência municipal de energia de Almada. **Espaço energia, ideias com energia.** Disponível em: <<http://www.ageneal.pt/content01.asp?BTreeID=00/01&treeID=00/01&newsID=7>>. Acesso em: 04 Out.2017, 23:40:00.

ANEEL. Agência Nacional De Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil.** vol 2ª ed. rev. atual. e ampl. Brasília, DF: ANEEL, 2005. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/download.htm>>. Acesso em: 30/08/2017.

\_\_\_\_\_. **Atlas de energia elétrica do Brasil.** 3ª ed. – Brasília : Aneel, 2008. 236 p. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: 18 Mar. 2018, 16:25:00.

\_\_\_\_\_. **Operação Capacidade de Brasil.** 2018a. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>. Acesso em: 17 Mar. 2018, 18:35:00.

\_\_\_\_\_. **Capacidade de Geração do Brasil.** 2018b. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 17 Mar. 2018, 21:00:00.

ARBOIT, N. K. S.; DECEZARO, S. T.; AMARAL G. M.; LIBERALESSO T.; MAYER, V. M.; KEMERICH, P. D. C. **Potencialidade de utilização da energia geotérmica no Brasil – uma revisão de literatura.** Revista do Departamento de Geografia – USP, Volume 26. 2013, p. 155-168. Disponível em: <[www.journals.usp.br/rdg/article/download/75194/78742](http://www.journals.usp.br/rdg/article/download/75194/78742)>. Acesso em: 18 Mar. 2018, 16:10:00

DELOITTE. Deloitte ToucheTohmatsu. **Visão 2040 Cenários mundiais de óleo e gás.** 2014. Disponível em: <[https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/br/Documents/energy-resources/Visao2040\\_OleoGas.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/br/Documents/energy-resources/Visao2040_OleoGas.pdf)>. Acesso em: 18 Mar. 2018, 09:11:00

ELAW. Environmental Law Alliance Worldwide. **Saying No to Coal.** Autumn 2012. Disponível em: <<https://elaw.org/system/files/attachments/advocate/fulldownload/Autumn.2012.pdf>>. Acesso em: 21 Mar. 2018, 16:30:00.

ELETROBRAS TERMONUCLEAR (Eletronuclear). **A energia nuclear: história, princípios de funcionamento**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://www.eletronuclear.gov.br/Saibamais/Espa%C3%A7odoConhecimento/Pesquisaescolar/EnergiaNuclear.aspx>>. Acesso em: 28 Out. 2017, 09:40:00.

EPE. Empresa De Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional 2015**: Ano base 2014 / Empresa de Pesquisa Energética. –Rio de Janeiro : EPE, 2015. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Documents/Energia%20Renov%C3%A1vel%20-%20Online%2016maio2016.pdf>> Acesso em: 28 Out. 2017, 08:25:00.

\_\_\_\_\_. **Energético Nacional 2017**: Ano base 2016 / Empresa de Pesquisa Energética. –Rio de Janeiro : EPE, 2017. Disponível em:<[http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-46/topico-82/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2017.pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-46/topico-82/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf)>. Acesso em: 15 Mar. 2018, 11:28:00.

\_\_\_\_\_. **Matriz energética e elétrica**. 2018. Disponível em:<<http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 03 Jun. 2018, 11:28:00.

EREC. European Renewable Energy Council. **Renewables energy scenario to 2040**. Boletim Eletrônico da Biblioteca Virtual de Energia, Rio de Janeiro, fev. 2006. Disponível em: <<http://cin.cnen.gov.br/boletimBVE/index.html>>. Acesso em: 30 Out. 2016, 19:50:00.

EuropeanCommunities. **Green paper on Towards a European Strategy for the Security of Energy Supply**. Luxemburgo: Office for UE Official Publications, 2001; . Disponível em: <[https://iet.jrc.ec.europa.eu/remea/sites/remea/files/green\\_paper\\_energy\\_supply\\_en.pdf](https://iet.jrc.ec.europa.eu/remea/sites/remea/files/green_paper_energy_supply_en.pdf)>. Acesso em: 28 Jun. 2018 às 18:00:00.

EWEA. The European Wind Energy Association. **GWEC table and statistics 2009**. Global installed wind power capacity 2008/2009 (MW). Bruxelas, Bélgica: EWEA, 2012. Disponível em: <[http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/Wind\\_at\\_work.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/Wind_at_work.pdf)>. Acesso em: 25 Out. 2017, 14:40:00.

FGV. Fundação Getúlio Vargas. **Energia e sustentabilidade. Desafios do Brasil na expansão da oferta e na gestão da demanda**. 2014. Disponível em: <[http://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/site\\_caderno\\_fgvcatavento\\_web\\_baixa.pdf](http://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/site_caderno_fgvcatavento_web_baixa.pdf)>. Acesso em: 16 Mar. 2018, 17:40:00.

\_\_\_\_\_. **Caderno de Gás Natural**, 2014a. Disponível em: <[https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/caderno\\_fgv\\_energia\\_-\\_gas\\_natural\\_ok\\_19\\_11\\_14\\_0.pdf](https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/caderno_fgv_energia_-_gas_natural_ok_19_11_14_0.pdf)>. Acesso em: 29 Jun. 2018, 22:40:00.

\_\_\_\_\_. **Caderno de Petróleo**, 2015. Disponível em: <[https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/caderno\\_petroleo\\_ok.pdf](https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/caderno_petroleo_ok.pdf)>. Acesso em: 30 Jun. 2018, 12:40:00.

\_\_\_\_\_. **Caderno de Energias Renováveis Complementares**, 2015b. Disponível em: <[https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/caderno\\_petroleo\\_ok.pdf](https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/caderno_petroleo_ok.pdf)>. Acesso em: 30 Jun. 2018, 12:40:00.

\_\_\_\_\_. **Caderno Energia Nuclear**, 2016. Disponível em: <[http://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/pdf\\_fgv-energia\\_web.pdf](http://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/pdf_fgv-energia_web.pdf)>. Acesso em: 16 Mar. 2018, 22:40:00.

\_\_\_\_\_. **Caderno de Biocombustíveis**, 2017. Disponível em: <[http://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/caderno\\_biocombustivel\\_-\\_baixa.pdf](http://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/caderno_biocombustivel_-_baixa.pdf)>. Acesso em: 19 Mar. 2018, 15:00:00.

FLEMING, F. P. **Avaliação Do Potencial De Energias Oceânicas No Brasil**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2012. Disponível em: <[http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/fernanda\\_fleming.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/fernanda_fleming.pdf)>. Acesso em: 18 Mar. 14:30:00.

GASNET. **O que é gás natural**, 2017. Disponível em: <[http://gasnet.com.br/gasnatural/gas\\_completo.asp#gas11](http://gasnet.com.br/gasnatural/gas_completo.asp#gas11)>. Acesso em: 08 Nov. 2017, 16:10:00.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento**. 3 ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008.

IAEA. International Atomic Energy Agency. **Nuclear Technology Review**. 2016. Disponível em: <<http://www.iaea.org/>>. Acesso em: 22 Out. 2017, 22:10:00.

\_\_\_\_\_. **Nuclear Power Reactors. 2018a**. Disponível em: <<https://www.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=BR>>. Acesso em: 14 Mar. 2018, 22:10:00.

\_\_\_\_\_. **Operational Reactors. 2018b.** Disponível em: <<https://www.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalReactorsByCountry.aspx>>. Acesso em: 17 Mar. 2018, 20:25:00.

IEA. International Energy Agency. **World Energy Outlook.** Paris, 2014.

\_\_\_\_\_. **Energy and Climate Change.** 2015. Disponível em: <<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015SpecialReportonEnergyandClimateChange.pdf>>. Acesso em 18 Mar. 2018, 10:30:00.

\_\_\_\_\_. **Key World Energy Statics.** 2017. Disponível em: <<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017.pdf>>. Acesso em: 13 Mar. 2018, 22:00:00.  
INB. Indústrias Nucleares do Brasil. **Onde podemos encontrar reservas de urânio no Brasil?. 2018.** Disponível em: <<http://www.inb.gov.br/Contato/Perguntas-Frequentes/Pergunta/Conteudo/onde-podemos-encontrar-reservas-de-uranio-no-brasil?Origem=426>>. Acesso em: 18/04/2018, 13:00:00.

IRENA. International Renewable Energy Agency. **Wind Power, Technology Brief.** 2016. Disponível em: <<http://www.irena.org/publications/2016/Mar/Wind-Power>>. Acesso em: 21 Mar. 2018, 12:00:00.

\_\_\_\_\_. **Geothermal Power, Technology Brief.** 2017. Disponível em: <<http://www.irena.org/publications/2017/Aug/Geothermal-power-Technology-brief>>. Acesso em: 29 Jun. 2018, 23:00:00.

\_\_\_\_\_. **Renewable Power Generation Costs in 2017, Abu Dhabi.** 2018a. Disponível em: <<http://www.irena.org/publications/2018/Jan/Renewable-power-generation-costs-in-2017>>. Acesso em: 19 Mar. 2018, 21:00:00.

\_\_\_\_\_. **Global Energy Transformation: A roadmap to 2050,** Abu Dhabi. 2018b. Disponível em: <<http://www.irena.org/publications/2018/Apr/Global-Energy-Transition-A-Roadmap-to-2050>>. Acesso em: 19 Mar. 2018, 22:15:00.

\_\_\_\_\_. **Renewable capacity statistics 2018,** Abu Dhabi. 2018c. Disponível em: <<http://www.irena.org/publications/2018/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2018>>. Acesso em: 20 Mar. 2018, 10:00:00.

IRENA, IEA and REN21 (2018), '**Renewable Energy Policies in a Time of Transition**'. IRENA, OECD/ IEA and REN21. 2018. Disponível em: <<http://www.irena.org/publications/2018/Apr/Renewable-energy-policies-in-a-time-of-transition>>. Acesso em: 19 Mar. 2018, 21:30:00.

LAVADO, A. L. C. **Os actuais desafios da energia. Implementação e utilização das Energias renováveis**. Universidade de Lisboa faculdade de ciências departamento de biologia animal. Mestrado em ciências e tecnologias do ambiente. 2009. Disponível em: <[http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/1447/1/20901\\_ulfc080580\\_tm.pdf](http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/1447/1/20901_ulfc080580_tm.pdf)>. Acesso em: 17 Mar. 2018, 07:05:00.

LINDER, E. L. **Refletindo sobre o ambiente**. In: LISBOA, C. P; KINDEL, A. I. [et al.] (Org.). Educação Ambiental: da teoria à prática. Porto Alegre: Mediação, 2012. p. 13-20.

MACEDO, Isaias C. **Estado da arte e tendências tecnológicas para a energia**. [S.l.]: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos Ciência, Tecnologia e Inovação, 2003.

MARCOCCIA, R. **A participação do etanol em uma nova perspectiva na matriz energética mundial**. 2007. 95p. Dissertação de Mestrado em Energia - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-05072007-114536/pt-br.php>>. Acesso em 18 Mar. 2018, 20:50:00.

MILLER, G. Tyller; **Environmental Science**, United States of America: Thomson Learning, Inc, 2006. Disponível em: <[http://www.wuperbooks.com/uploads/5/6/4/5/56458159/environmental\\_science\\_11th\\_ed\\_by\\_miller.pdf](http://www.wuperbooks.com/uploads/5/6/4/5/56458159/environmental_science_11th_ed_by_miller.pdf)>. Acesso em: 15 Mar. 2018, 19:15:00

MME, Ministério de Minas e Energia. **Resenha Energética Brasileira**. Exercício de 2016. Edição: Junho 2017. 2017. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02+-+Resenha+Energética+Brasileira+2017+-+ano+ref.+2016+%28PDF%29/13d8d958-de50-4691-96e3-3ccf53f8e1e4?version=1.0>>. Acesso em: 18 Mar. 2018, 20:35:00.

\_\_\_\_\_. **Plano Nacional de Energia 2030, Outras Fontes**; colaboração Empresa de Pesquisa Energética . Brasília : MME : EPE, 2007a. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1139260/09.+Outras+Fontes+%28PDF%29/38f50e65-8bd7-492c-a85e-af81aa37b742?version=1.1>>. Acesso em 18 Mar. 2018, 18:00:00.

\_\_\_\_\_. **Plano Nacional de Energia 2030, Biomassa**; colaboração Empresa de Pesquisa Energética . \_ Brasília : MME : EPE, 2007b. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1139260/08.+Biomassa+%28PDF%29/0a02b482-db1a-4dbe-9388-baadbc168ae7?version=1.1>>. Acesso em 18 Mar. 2018, 18:40:00.

\_\_\_\_\_. **Plano Nacional de Energia 2030, Geração Hidrelétrica**; colaboração Empresa de Pesquisa Energética . \_ Brasília : MME : EPE, 2007c. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1139260/03.+Gera%C3%A7%C3%A3o+Hidrel%C3%A9trica+%28PDF%29/37934a77-d8ac-4eec-b155-8827301c8e78?version=1.1>>. Acesso em: 18 Mar. 2018, 19:15:00.

\_\_\_\_\_. **Plano Nacional de Energia 2030, Geração Termelétrica – Petróleo e Derivados**; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. \_ Brasília : MME : EPE, 2007d. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1139260/04.+Petr%C3%B3leo+%28PDF%29/16bb3a1e-96f5-4d04-bdd4-c93dd9f8dfac?version=1.1>>. Acesso em: 18 Mar. 2018, 19:45:00.

MORGADO, A.; LEITÃO A.; COSTA, A. R.; SILVA, B.; BARRANHA, H.; SANTOS, M. **A Energia Eólica em Portugal**. Relatório projeto FEUP. Universidade do Porto Faculdade de Engenharia. 2010. Disponível em: <[https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd\\_2010\\_11/files/QUI606\\_relatorio.pdf](https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd_2010_11/files/QUI606_relatorio.pdf)>. Acesso em: 18 Mar. 2018, 11:55:00.

NETO, P. B. L.; SAAVEDRA, O. R.; CAMELO, N. J.; RIBEIRO, L. A. de S.; FERREIRA, R. M.; **Exploração de energia maremotriz para geração de eletricidade: aspectos básicos e principais tendências**. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, vol. 19 N° 2, 2011, pp. 219-232. Disponível em: <<https://scielo.conicyt.cl/pdf/ingeniare/v19n2/art07.pdf>>. Acesso em: 18 Mar. 2018, 15:15:00.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L.; RUTHER, R. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos: INPE, 2006.

REIS, C. M.; **Diversificação da Matriz Energética Brasileira. Caminho para a Segurança Energética em Bases Sustentáveis**. Rio de Janeiro: CEBRI, 2015. Disponível em: < [http://midias.cebri.org/arquivo/diversifica%C3%A7%C3%A3o-matriz-energetica\\_vol1.pdf](http://midias.cebri.org/arquivo/diversifica%C3%A7%C3%A3o-matriz-energetica_vol1.pdf)>. Acesso em: 29 Jun. 2018 às 15:50:00.



WEC. World Energy Council. **World Energy Resources**. WEC. London. 2013. Disponível em: <[https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete\\_WER\\_2013\\_Survey.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf)>. Acesso em: 21 Mar. 2018, 13:25:00.

\_\_\_\_\_. **World Energy Resources Geothermal, 2016**. 2016a. Disponível em: <[https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WERResources\\_Geothermal\\_2016.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WERResources_Geothermal_2016.pdf)>. Acesso em 22 Out. 2017, 13:20:00.

\_\_\_\_\_. **World Energy Resources Coal, 2016**. 2016b. Disponível em: <[https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WERResources\\_Coal\\_2016.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WERResources_Coal_2016.pdf)>. Acesso em 22 Out. 2017, 13:20:00.

\_\_\_\_\_. **World Energy Scenarios 2016**. 2016c. Disponível em: <[https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/World-Energy-Scenarios-2016\\_Executive-Summary.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/World-Energy-Scenarios-2016_Executive-Summary.pdf)>. Acesso em: 30 de Mai. 2018 as 10:00:00.

\_\_\_\_\_. **World Energy Resources 2016**. 2016d. Disponível em: <[https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/World-Energy-Resources\\_SummaryReport\\_2016.10.03.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/World-Energy-Resources_SummaryReport_2016.10.03.pdf)>. Acesso em: 30 de Mai. 2018 as 10:30:00.

\_\_\_\_\_. **World Energy Resources Natural Gas, 2016**. 2016e. Disponível em: <[https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WERResources\\_Natural\\_Gas\\_2016.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WERResources_Natural_Gas_2016.pdf)>. Acesso em 30 Jun. 2018, 10:20:00.

\_\_\_\_\_. **World Energy Resources Uranium and Nuclear, 2016**. 2016f. Disponível em: <[https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WERResources\\_Uranium\\_and\\_Nuclear\\_2016.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WERResources_Uranium_and_Nuclear_2016.pdf)>. Acesso em 30 Jun. 2018, 11:20:00.

\_\_\_\_\_. **World Energy Resources Waste to Energy, 2016**. 2016g. Disponível em: <[https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WERResources\\_Uranium\\_and\\_Nuclear\\_2016.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WERResources_Uranium_and_Nuclear_2016.pdf)>. Acesso em 30 Jun. 2018, 11:20:00.

\_\_\_\_\_. **World Energy Resources Solar, 2016.** 2016h. Disponível em: <[https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WEResources\\_Solar\\_2016.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WEResources_Solar_2016.pdf)>. Acesso em 30 Jun. 2018, 13:20:00.

\_\_\_\_\_. **World Energy Resources Marine, 2016.** 2016i. Disponível em: <[https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WEResources\\_Marine\\_2016.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WEResources_Marine_2016.pdf)>. Acesso em 30 Jun. 2018, 14:20:00.

\_\_\_\_\_. **World Energy Resources Wind, 2016.** 2016j. Disponível em: <[https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WEResources\\_Wind\\_2016.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WEResources_Wind_2016.pdf)>. Acesso em 30 Jun. 2018, 14:50:00.

WWEA. World Wind energy Association. **World Wind Energy Resource Assessment Report.** WWEA. Bonn. 2014. Disponível em: <[http://www.wwindea.org/wp-content/uploads/filebase/technology/WWEA\\_WWRAR\\_Dec2014\\_2.pdf](http://www.wwindea.org/wp-content/uploads/filebase/technology/WWEA_WWRAR_Dec2014_2.pdf)>. Acesso em: 21 Mar. 2018, 13:10:00.

\_\_\_\_\_. **The world sets new wind installations record: 63,7 GW new capacity in 2016.** 2016. Disponível em: < <http://www.wwindea.org/the-world-sets-new-wind-installations-record-637-gw-new-capacity-in-2015/>>. Acesso em: 21 Mar. 2018, 12:40:00.